

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Typologie zranění účastníka silničního provozu v závislosti  
na střetové rychlosti a typu vozidla**

**Typology of Road User Injuries Depending on Type of Vehicle  
and Speed at Collision**

Student:

Bc. Radek Krčmář

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jakub Motl

Ostrava 2017

# Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Radek Krčmář**

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2301T003 Dopravní technika a technologie

Specializace:

20 Silniční doprava

Téma:

Typologie zranění účastníka silničního provozu v závislosti na střetové rychlosti a typu vozidla  
Typology of Road User Injuries Depending on Type of Vehicle and Speed at Collision

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cíl diplomové práce: Vymezit vztah mezi rychlostí vozidel a následky silničních dopravních nehod ve vztahu k posádce vozidla pro zadané typy vozidel.

Osnova:

1. Úvod.
2. Obecná část – vymezení základních pojmů k řešenému tématu, bezpečnostní prvky ve vozidlech, jejich charakteristika a vliv na eliminaci následků dopravních nehod.
3. Analytická část - metody vyhodnocující vliv střetové rychlosti na následky dopravních nehod ve vztahu k posádce vozidla.
4. Návrhová část – formulace kauzálních závislostí na základě získaných statistických dat o dopravní nehodovosti.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


- Bradáč, A. a kol. Soudní inženýrství. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1997, 719 s. ISBN 80-7204-057-X
- Porada, V. a kol. Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi. Praha: Linde Praha a.s., 2000. 378 s. ISBN 80-7201-212-6.
- Hirt, M. Dopravní nehody v soudním lékařství a soudním inženýrství. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012, 151 s. ISBN 978-80-247-4308-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jakub Motl**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



---

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
vedoucí katedry



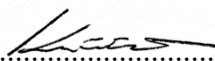
---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....15. 5. 2017.....

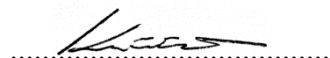
..........

podpis studenta

## Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017....



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Radek Krčmář

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vřesina, Dolní 424

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KRČMÁŘ, R. *Typologie zranění účastníka silničního provozu v závislosti na střetové rychlosti a typu vozidla: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2017, 92 s. Vedoucí práce: Motl, J.

Diplomová práce se zabývá nalezením vztahu mezi rychlostí vozidel a následky silničních dopravních nehod ve vztahu k posádce a typu vozidla. Práce je rozdělena na několik částí. Na obecnou, analytickou, návrhovou a na část, zabývající se zhodnocením dosažených výsledků. Obecná část se zabývá základními pojmy vztahujícími se k řešenému tématu. Analytická část popisuje metody vyhodnocující vliv střetové rychlosti na následky silničních dopravních nehod. V návrhová část se věnuje zpracováním statistických dat o dopravní nehodovosti. V poslední části se zabývám zhodnocením dosažených výsledků.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

KRČMÁŘ, R. *Typology of Road User Injuries Depending on Type of Vehicle and Speed at Collision: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of transport, 2017, 92 p. Thesis head: Motl, J.

The thesis deals with correlation between a vehicles speed, the consequences of road accidents, the vehicles crew and type. The work is divided into several parts. The general, analytical, proposal part and a conclusion. The general part addresses basic concepts related to the topic. The analytical part describes methods of evaluating the influence of impact speed on the accident consequences. The next part is a proposal, which deals with processing statistical data on traffic accidents. The last part contains an evaluation of the achieved results.

# Obsah

Seznam použitých zkratk	10
1 Úvod	11
2 Dopravní nehoda a okolnosti vzniku	12
3 Statistiky dopravních nehod v ČR	14
4 Vývoj bezpečnostních prvků silničních vozidel	16
5 Pasivní bezpečnost	19
5.1 Vybrané prvky pasivní bezpečnosti	19
5.1.1 Bezpečnostní pásy	19
5.1.2 Bezpečnostní vaky – Airbagy	22
5.1.3 Struktura karoserie	26
6 Aktivní bezpečnost	28
6.1 Vybrané prvky aktivní bezpečnosti	28
6.1.1 Elektronický protiblokovací systém ABS	28
6.1.2 Elektronický stabilizační systém ESP	29
7 Hlubková analýza dopravních nehod	31
7.1 Místní šetření	31
7.2 Analýza dopravní nehody	32
7.2.1 Analýza dopravní techniky	32
7.2.2 Psychologická analýza	32
7.2.3 Analýza zranění	33
7.2.4 Analýza nehodového děje	33
8 Vymezení závislosti mezi rychlostí a typem vozidel k následkům dopravních nehod	35
8.1 AIS	36
8.2 Rychlost $\Delta V$	42
8.3 Dělení vozidel	43
8.3.1 Podle obchodních tříd	43
8.3.2 Podle modelového roku	44
9 Statistické zpracování typů a rozsahů zranění v závislosti na $\Delta V$	46
9.1 Závislost typu a rozsahu zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval $\langle 0;20 \rangle$ km/h	48

9.1.1	Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2001 a starším.....	49
9.1.2	Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2002 a novějším.....	50
9.1.3	Skupina velkých vozidel .....	52
9.2	Závislost typu a rozsahu zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval (20;40) km/h.....	54
9.2.1	Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2001 a starším.....	55
9.2.2	Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2002 a novějším.....	56
9.2.3	Skupina velkých vozidel .....	58
9.3	Závislost typu a rozsahu zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval (40;60) km/h.....	60
9.3.1	Skupina malých vozidel .....	60
9.3.2	Skupina velkých vozidel .....	62
9.4	Závislost typu a zranění zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval (60;80) km/h.....	63
9.4.1	Skupina malých vozidel .....	64
10	Statistické zpracování typu a rozsahu zranění v závislosti na jednotlivých částech těla .....	66
10.1	Závažnost zranění AIS pro skupinu malých vozidel .....	66
10.1.1	Páteř.....	66
10.1.2	Krk bez páteře .....	68
10.1.3	Hlava krom obličeje .....	69
10.1.4	Obličej .....	70
10.1.5	Hrudník.....	71
10.1.6	Břicho .....	73
10.1.7	Horní končetiny .....	74
10.1.8	Dolní končetiny .....	75
10.2	Závažnost zranění AIS pro skupinu velkých vozidel .....	77
10.2.1	Páteř.....	77
10.2.2	Krk bez páteře .....	78
10.2.3	Hlava krom obličeje .....	79
10.2.4	Obličej .....	80



10.2.5	Hrudník.....	81
10.2.6	Břicho .....	83
10.2.7	Horní končetiny .....	84
10.2.8	Dolní končetiny .....	85
11	Závěr .....	86
12	Seznam příloh .....	90
13	Seznam použitých zdrojů.....	91

## Seznam použitých zkratek

Zkratka	Jednotka	Vysvětlivka
ABS		Anti-lock Braking Systém
AIS		Abbreviated Injury Scale
ASR		Anti-Slip Regulation
BAS		Brake Assistant System
CDV		Centrum dopravního výzkumu
EMB		Electro Mechanical Brake
ESP		Electronic Stability Program
ISS		Injury Severity Score
ZZE		Zákon zachování energie
ZZH		Zákon zachování hybnosti
$V_d$	[km/h]	doběhová rychlost
$V_v$	[km/h]	výběhová rychlost
$\alpha$	[°]	úhel odklonu vozidla po střetu
$\Delta V$	[km/h]	rozdíl rychlosti

# 1 Úvod

První automobil vznikl na konci 18. století. Zpočátku vozidel jezdilo málo a pohybovala se pouze nízkými rychlostmi. Nebylo proto nutné vytvářet žádná pravidla silničního provozu, která by řešila dopravní situace s ohledem na bezpečnost posádek. Postupem času, s vývojem techniky, se však vozidla začala zdokonalovat po konstrukční i výkonnostní stránce. Vzrostl výkon motoru a tím i rychlost automobilů. S rostoucí rychlostí stoupl počet dopravních nehod a tím i množství a závažnost zranění. Proto byla zavedena první bezpečnostní opatření na pozemních komunikacích a začaly se vyvíjet první prvky pasivní a aktivní bezpečnosti.

V dnešní době patří automobil k nejrozšířenějším dopravním prostředkům a je každodenní součástí našich životů. V porovnání se začátky automobilového provozu vzrostla extrémně hustota dopravních cest i množství vozidel, která se na nich pohybují. Zásadně proto narůstají počty nehod i závažnost jejich následků. Např. každoročně je v celosvětovém měřítku usmrceno přibližně 1,3 milionu účastníků silničního provozu a dalších 50 milionů účastníků zraněno. Dopravní nehodovost a nutnost odstraňovat její následky vyvolávají v současnosti značné celospolečenské náklady označované jako dopravní externality.

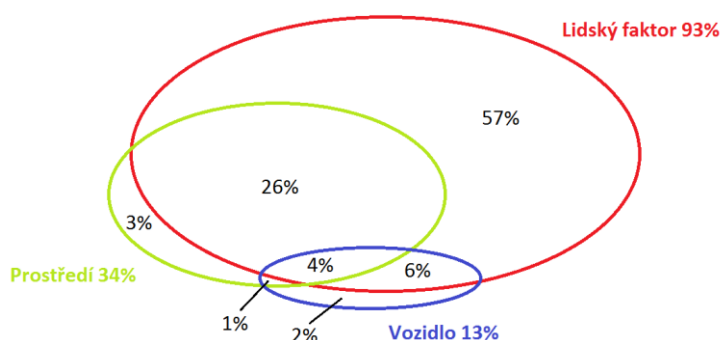
V dnešní době je proto velké úsilí věnováno snížení jak počtu dopravních nehod, tak i počtu zraněných a smrtelných úrazů. Vědecké týmy, testovací laboratoře, zkušebny a výrobci automobilů stále zdokonalují jak prvky aktivní, tak prvky pasivní bezpečnosti s cílem co nejlépe chránit zdraví lidí a jejich životy.

Diplomová práce se zabývá popisem typologie zranění posádky vozidla v závislosti na rychlosti  $\Delta V$  vozidel zúčastněných na dopravní nehodě. Zabývat se tímto tématem je důležité z hlediska detailnějšího posouzení následků dopravní nehodovosti. Při zpracování diplomové práce bylo vycházeno z údajů naměřených v rámci projektu aplikovaného výzkumu VG20112015007 Hloubková analýza silničních dopravních nehod, který řešili výzkumníci Centra dopravního výzkumu, v. v. i.

## 2 Dopravní nehoda a okolnosti vzniku

Definice dopravní nehody dle § 47 odst. 1 zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změně některých zákonů – zákon o silničním provozu zní: „Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.“

Vznik dopravní nehody je zapříčiněn porušením rovnováhy mezi třemi základními složkami, kterými jsou: člověk – vozidlo – okolí. Převážná část dopravních nehod je zapříčiněna selháním lidského faktoru nebo jeho kombinací s okolním prostředím. Jak uvádí zahraniční výzkum, z 93 % je dopravní nehoda způsobena selháním lidského faktoru, ze 34 % okolním prostředím a z 13 % se dopravní nehoda stane z důvodu technické závady na vozidle [1].



Obr. 1 Schéma faktorů ovlivňujících vznik dopravní nehody [1]

### Lidský faktor

Silniční vozidlo ovládá člověk, který je omylný a v mnoha ohledech chybující. Člověk je prvkem ovlivňující celou soustavu, rozhoduje o pohybu vozidla, vozidlo zrychluje, řídí i brzdí. Tyto tři činnosti mají vliv na samotný pohyb vozidla. Člověk má určitá omezení, která jsou dána jeho motorickými, psychologickými, dovednostními nebo optickými vlastnostmi. Řidič vozidla může být také ovlivněn únavou, působením alkoholu, drog, nebo jinými negativními vlivy. Tyto negativní vlivy, kterými je člověk ovlivňován se promítají do soustavy a ovlivňují chování vozidla [2].

## **Okolní prostředí**

Okolí kolem silniční komunikace se dá rozdělit do dvou skupin a to na živé a neživé, přičemž tyto dvě skupiny tvoří elementy, které by mohly přijít nebo již přišly do styku s vozidlem. Živé okolí je tvořeno člověkem či zvířetem, které ovlivňují reakci řidiče, pohyb vozidla nebo s vozidlem přímo kolidují. Neživé okolí je tvořeno povrchem, který je v kontaktu s pneumatikami vozidla, okolními vozidly, okolím vozovky (např. stromy, svodidla, příkopy, výmoly, překážky na vozovce atd.), dále okolními vlivy, které mohou zabraňovat ve výhledu a tím ovlivňovat chování řidiče [2].

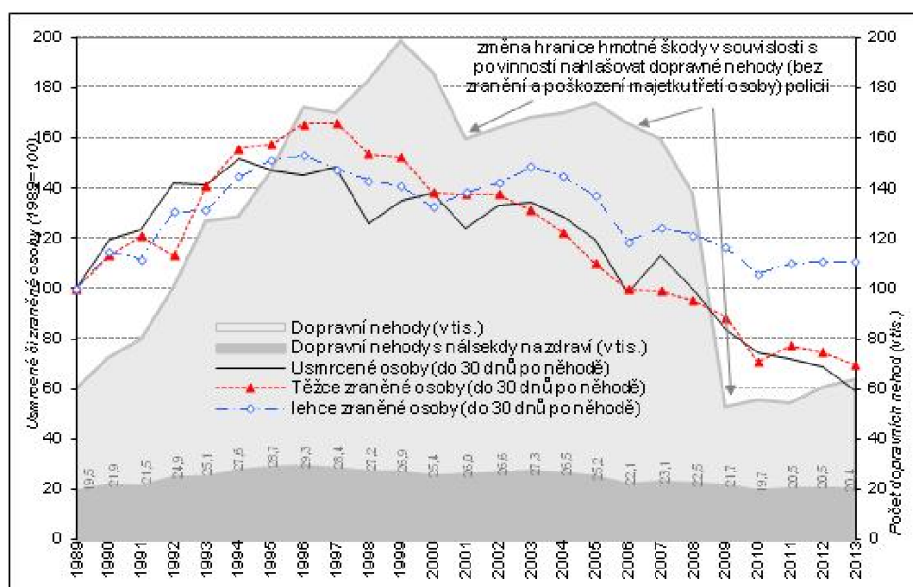
## **Vozidlo**

Vozidlo je charakterizováno jeho konstrukčními (stavba, koncepce), technickými (délka, šířka, rozvor, výška, poloha těžiště) a pohybovými (zrychlení, zpomalení, jízdními vlastnostmi atd.) parametry. Vozidlo je omezeno zejména konstrukčními prvky, tedy především výkonem motoru a brzd, popřípadě také moderními elektronickými systémy, které zasahují do řízení. Vozidlo je navrženo tak, aby co nejvíce omezilo následky dopravní nehody působící na posádku vozidla. Prvky, které pomáhají předejít dopravním nehodám, se nazývají aktivní bezpečnostní prvky. Jsou to technická zařízení, systémy a vlastnosti vozu. V případě nehody je posádka chráněna pasivními bezpečnostními prvky [2].

### 3 Statistiky dopravních nehod v ČR

Bezpečnost na pozemních komunikacích je jedním z nejdůležitějších aspektů dopravního systému. Nehody ve všech odvětvích dopravy mají negativní vliv na sociální, demografické a ekonomické oblasti. Na tvorbu dopravních nehod působí mnoho faktorů, zejména chování účastníků silničního provozu, chodců i řidičů, ale také obtížně ovlivnitelné přírodní podmínky, kvalita infrastruktury a vozového parku [4].

Podmiňující faktory tvorby dopravních nehod se v posledních letech výrazně mění. Vstup ČR do EU zapříčinil zvýšení intenzity dopravy a tím také větší nehodovost na pozemních komunikacích, ale na druhou stranu pomohl k rozšíření, a hlavně díky poskytnutým finančním prostředkům z EU, ke zkvalitnění dopravní sítě, která byla do značné míry podinvestovaná. Jiným faktorem je dlouhodobá modernizace vozového parku. Modernější vozidla obsahují oproti svým předchůdcům z 80. a z 90. let mnohem více bezpečnostních prvků. Co se týče chování účastníků silničního provozu, to je ovlivněno obecnými faktory jako mezilidskými vztahy atd., a také dalšími faktory jako jsou kampaně zaměřené na dopravní výchovu pro různé vybrané účastníky silničního provozu. K bezpečnosti a ohleduplnosti řidičů přispěl také bodový systém, který ČR převzala z jiných vyspělejších zemí EU. Bodový systém hodnotí přestupky a trestné činy spáchané řidiči motorových vozidel proti bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích. V ČR tento systém začal platit v druhé polovině roku 2006 [4].



Obr. 2 Dlouhodobý vývoj počtu nehod v ČR a jejich následků [5]

Ve výše uvedeném rozboru je zachycen vývoj dopravní nehodovosti vzhledem k zohlednění nejvýznamnějších faktorů, které ji ovlivňují. Počty usmrcených osob při dopravních nehodách odpovídají stavu do 24 hodin po nehodě, není-li uvedeno jinak. Klasifikaci zranění účastníku dopravní nehody na těžké nebo lehké zranění určuje lékař [4].

Z dlouhodobého hlediska byl zaznamenán největší počet dopravních nehod v roce 1999. Od roku 1989 byl nárůst dopravních nehod k roku 1999 trojnásobný. Významný pokles nastal až mezi roky 1999 a 2001. Po roce 2001 zaznamenáváme mírný nárůst dopravních nehod až do roku 2005, po tomto roce nastává prudký pokles. Na pokles dopravních nehod má vliv především ustanovení zákona č. 361/2000 Sb. (o provozu na pozemních komunikacích) a jeho následných novelizacích, podle kterých se několikrát změnila povinnost nahlašovat dopravní nehody bez zranění a bez poškození na majetku třetí osoby, při nichž došlo k hmotné škodě převyšující stanovené hranice. Do roku 2000 se nahlašovaly dopravní nehody se škodou do 1 tis. korun, od ledna 2001 do 20 tis. korun, od července 2006 do 50 tis. korun a od ledna 2009 do 100 tis. korun českých [5].

Počet usmrcených osob na začátku 90. let prudce vzrostl, vlivem rostoucí intenzity dopravy a vrcholil v roce 1994. Od tohoto roku se vývoj ustálil v rozmezí 1400 až 1500 usmrcených osob ročně. Od roku 2003 počet zemřelých osob klesá vlivem zavedení restriktivních opatření na řidiče. Výjimku v tomto klesajícím trendu tvoří rok 2007, kde je zaznamenán větší nárůst usmrcených osob [5].

Vliv na klesající trend počtu dopravních nehod má hlavně obměna vozového parku směrem k lépe vybaveným vozidlům bezpečnostními prvky. Dále vytvoření lepší dopravní infrastruktury (dálnice, obchvaty měst) a preventivní i represivní dopravní opatření (bodový systém, informační kampaně) [5].

Vliv na rostoucí trend počtu dopravních nehod lze zařadit dlouhodobý nárůst počtu vozidel, převážně osobních a z toho plynoucí růst dopravních výkonů do roku 2008. Mezi roky 1995 a 2011 se počet registrovaných automobilů zvýšil dvojnásobně. U nákladních automobilů byl nárůst téměř trojnásobný. U začínajících řidičů větší agresí při jízdě a horší schopností řešit krizové situace vzhledem k nedostatečným zkušenostem [5].

## 4 Vývoj bezpečnostních prvků silničních vozidel

Bezpečnostní prvky v současných vozidlech dokáží nehodě zabránit nebo významně zmírnit její následky. Bezpečnostním prvkům se vždy nepřikládala taková vážnost jako je tomu dnes. Pro představu, jak se bezpečnostní prvky ve vozidlech vyvíjely, je třeba si popsat historii od samého počátku vzniku vozidla a od první automobilové nehody.

Dne 29. ledna 1886 požádal Karl Benz o patent na svůj první automobil. Jednalo se o tříkolku poháněnou čtyřdobým benzínovým jednoválcem. Tento okamžik byl považován za počátek automobilové historie. V 18. století nebylo třeba dbát na pravidla silničního provozu ani na bezpečnost v případě nárazu, protože tehdejší vozidla dosahovala velmi malých rychlostí a mnoho se jich na pozemních komunikacích nenacházelo. Když se počet vozidel navýšil, byly vydány první předpisy, které se týkaly rychlosti, brzd a osvětlení vozidla. Tyto předpisy byly lokální a vydávaly si je samy města a obce. První zmínka o automobilové nehodě, při které zemřel řidič vozidla, se stala 12. února 1898. Na vině byla nepřiměřená rychlost a brzdy vozidla, které selhaly, jak uvádějí tehdejší zdroje [8].

Roku 1909 byla vydána první mezinárodní smlouva o jízdě automobily, která upravuje technické parametry vozidel. Ve smlouvě se například píše o tom, že vozidlo musí být vybaveno silně stavěným řízením, které umožňuje snadnou a jistou jízdu v zatáčkách, musí mít dvě soustavy brzd, řadicí páka musí být umístěna tak, aby s ní mohl řidič zacházet aniž by se jeho pozornost odvrátila od cesty. Z toho vyplývá, že první prvky, které se na vozidle vyskytovaly, byly prvky aktivní bezpečnosti. S rostoucím výkonem motoru se zlepšoval i výkon brzd a ovladatelnost vozidla [9].

Vzhledem k větším dosahovaným rychlostem a tím i vzrůstajícímu počtu dopravních nehod se začaly objevovat i první prvky pasivní bezpečnosti. Prvky pasivní bezpečnosti se z počátku projevovaly hlavně ve změně tvaru karoserie. Docházelo ke kuriózním dopravním nehodám, kdy řidiči vypadávali z vozidel nebo se jejich kousky oděvu zamotávaly do otáčejících se kol. Kolem roku 1930 automobily začaly dosahovat stále větších rychlostí a neměly téměř žádné bezpečnostní prvky. Upravovaly se materiály interiéru, kov a dřevo nahradila kůže a měkčený plast. Ve vozidlech se začaly objevovat také první deformační zóny. Tato opatření stále nebyla dostatečná, a proto se inženýři zabývali otázkou, jak vozidla udělat bezpečnější a jak ochránit posádku v případě nehody.



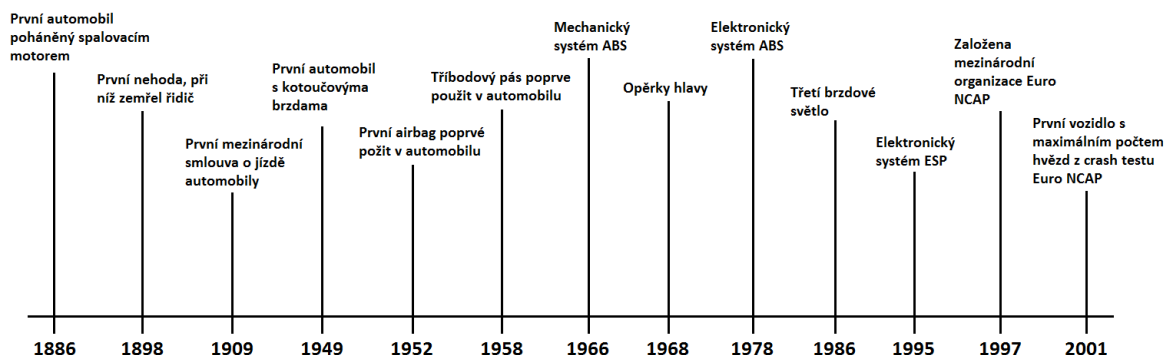
S myšlenkou vytvořit bezpečnostní pásy jako první přišel vynálezce George Cayley, který je poprvé použil v letectví. Automobilový konstruktér Luis Renault roku 1903 z letectví nápad převzal a vytvořil pětibodové pásy, které byly použity poprvé v silniční dopravě. Pětibodové pásy nebyly příliš vhodné, protože skoba, která pás spojovala a nacházela se na hrudi řidiče, často způsobovala zranění. Automobilky poté začaly nezávisle na sobě pásy zdokonalovat, až se přistoupilo k mnohem bezpečnějším a snadněji použitelným třibodovým pásům. V roce 1958 automobilka Volvo zahrnula jako první bezpečnostní pásy do standardní výbavy vozidel [19].

Dalším významným prvkem, který přispěl k větší bezpečnosti posádky, byl airbag. V roce 1952 si jej nechal patentovat vynálezce John Hetrick, v letectví se již však podobná technologie objevovala dříve. K airbagům se instalovaly samospouštěcí mechanismy, které v případě nárazu airbag aktivovaly. Z počátku se používaly malé pyrotechnické výbušniny, avšak z hlediska bezpečnosti a instalace nebyly příliš vhodné. V roce 1967 přišel Allen Breed se senzorem detekce nárazu, který byl mnohem bezpečnější a spolehlivější než předešlé samospouštěcí mechanismy. V té době byl airbag považován za možnou alternativu k bezpečnostním pásům, které se téměř nepoužívaly. Postupně se došlo k závěru, že samotný airbag není tak účinný, jako v kombinaci s bezpečnostními pásy a proto se airbagy přestaly považovat za náhražku, ale stal se z nich doplněk k bezpečnostním pásům, který zvyšoval bezpečnost cestujících. Zároveň se s těmito prvky do automobilů začala montovat bezpečnostní skla, která měla při nehodě zabránit rozsypaní skla a poranění posádky. V roce 1968 se v automobilech poprvé objevily opěrky hlavy, které měly zabránit poranění krční páteře. V roce 1986 se objevilo třetí brzdové světlo. Světlo bylo tvořené z polovodičových LED diod, které se vyznačují velmi krátkou dobou rozsvícení. Toto světlo bylo umístěno na zadním skle, díky čemuž bylo velmi dobře viditelné a řidiči jedoucí za brzdícím vozidlem mohli velmi rychle reagovat. Poté nastal útlum v rozvíjení dalších bezpečnostních prvků a zaměřovalo se spíše na karoserii vozidla a její deformační zóny [20].

Na konci 20. století opět došlo k rozmachu nových bezpečnostních prvků. S nárůstem počítačových technologií se zaváděly elektronické prvky i do silničních vozidel. V roce 1978 firma Bosch vyvinula systém ABS, který měl zabránit zablokování kol motorového vozidla a tím zkrátit brzdnou dráhu. První mechanický antiblokový systém byl vynalezen již v roce 1966, ale opravdu použitelný začal být až s pomocí elektronických prvků. Dalším velmi důležitým prvkem aktivní bezpečnosti je systém ESP. Prvním vozidlem

se systémem ESP se stal v roce 1995 Mercedes třídy E nové generace. Cena obou systémů byla velmi vysoká, proto se tyto systémy nacházely pouze u vozidel vyšší třídy. Později se elektronické systémy začaly rozvíjet a vyvinulo se mnoho dalších systémů jako např. ASR, EMS, BAS a jiné. V dnešní době se elektronické systémy nacházejí v každém nově vyrobeném vozidle.

Aby se zjistila užitečnost nově použitých bezpečnostních prvků, byly prováděny nárazové testy. Každá automobilka měla své způsoby testování, vozidla narážela do různých překážek různou rychlostí. V roce 1997 byla založena nezávislá mezinárodní organizace Euro NCAP, která funguje dodnes. Cílem organizace je nezávislé hodnocení aktivní i pasivní bezpečnosti automobilů. Testy jsou vyhodnocovány pomocí přidělených hvězdiček. Nejvyšší počet hvězdiček je 5 a tato hodnota vyjadřuje maximální bezpečnost. Výsledky jsou volně dostupné, díky tomu si zákazník může jednoduše zjistit na jaké úrovni bezpečnosti je jeho vozidlo. První automobil, který dosáhl maximálního počtu hvězdiček, se stal v roce 2001 Renault Laguna II [7].



*Obr. 3 Přehled důležitých milníků spojených s bezpečností silničních vozidel [Autor]*

## **5 Pasivní bezpečnost**

Prvky pasivní bezpečnosti zmírňují následky nehody. Jsou to prvky, které se aktivují až v případě nehody a chrání jak posádku vozidla, tak i ostatní účastníky silničního provozu. Pasivní bezpečnost se dělí na vnitřní a vnější.

Vnější pasivní bezpečnost slouží k ochraně chodců a jiných účastníků silničního provozu. Obrysy vozidla by měly být provedeny tak, aby se ostatní účastníci dopravní nehody nezranili, nebo aby bylo jejich zranění co nejmenší. Do vnější pasivní bezpečnosti patří především zaoblení vnějších hran vozidla, deformační vlastnosti přídě, absorbéry nárazové energie, raménka stěračů, kliky, kryty kol a ochranné systémy při střetu s chodcem [14].

Vnitřní pasivní bezpečnost slouží k ochraně posádky. Jsou to prvky, které zajišťují vnitřní prostor dostatečně prostorný na to, aby v případě nehody posádku ochránil. Musí být odolný při převrácení vozidla, bočnímu i čelnímu nárazu. Vnitřní bezpečnost zajišťuje i ochranu proti dalšímu nárazu. Zamezit tomu mají hlavové opěrky, zádržné systémy, nemožnost vniknutí hřídele volantů do vnitřního prostoru, deformovatelné uložení volantu atd. Zajišťuje také ochranu proti požáru vozidla, ochranu proti vymrštění osob a deformační zóny na přídě a záda vozidla [14].

V další části budou popsány nejzásadnější prvky pasivní bezpečnosti. Mezi ně nepochybně patří bezpečnostní pásy, bezpečnostní vaky a deformační zóny vozidla.

### **5.1 Vybrané prvky pasivní bezpečnosti**

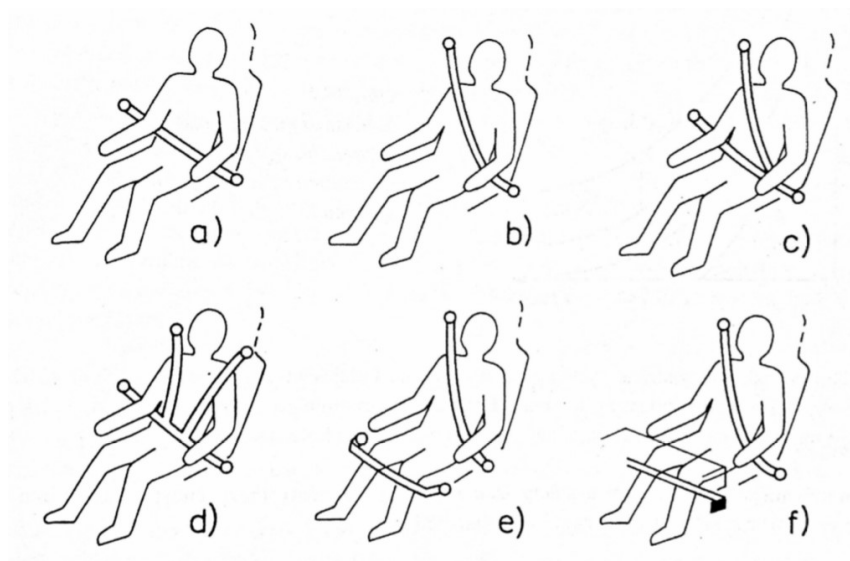
#### **5.1.1 Bezpečnostní pásy**

Bezpečnostní pás je zařízení, které slouží k zvýšení bezpečnosti a pro snížení následků dopravní nehody. Použití bezpečnostních pásů u řidičů a spolujezdců na předních sedadlech a u cestujících na zadních sedadlech je v dnešní době považováno

za samozřejmost. Jestliže nějaký ze spolujezdců není připoután, neohrožuje tím jen sebe, ale především ostatní cestující.

Bezpečnostní pásy se rozdělují podle toho, kolika body je pasažér připoután (spojen s karoserií vozidla). V dnešní době se nejčastěji na předních a zadních sedadlech používají aktivní tříbodové bezpečnostní pásy, krom toho se na zadních sedadlech uprostřed objevuje také pás dvoubodový. Čtyřbodové, či vícebodové pásy se objevují u závodních a sportovních vozidel, zřídka také u vozidel osobních [21].

Pro aktivní bezpečnostní pásy se používá výhradně tlačítkové ovládání. Díky zámku pásu, který je udržován stále ve stejné poloze, je jednoruční obsluhování spoutání a uvolnění rychlé a snadné. Zádržné systémy pasivní, jsou na rozdíl od aktivních, automaticky uvedeny v činnost. Pasivní bezpečnostní pásy automaticky po usednutí obepnou cestujícího a jsou připraveny k činnosti. Jelikož se jedná o technicky těžké řešení, nejčastěji se používají pásy diagonální doplněné o kolenní polštář [21].

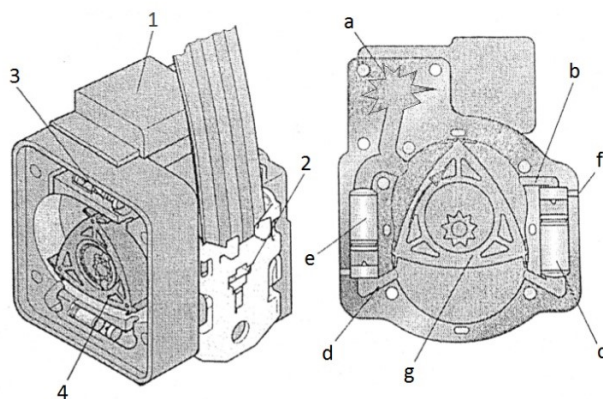


*Obr. 4 Druhy bezpečnostních pásů: a – dvoubodový (břišní); b – dvoubodový (diagonální); c – tříbodový; d – čtyřbodový (šle); e – ramenní a kolenní; f – diagonální s kolenní opěrkou [21]*

Automatické přizpůsobení tělesným rozměrům a volný pohyb při jízdě umožňují samonavíjecí bezpečnostní pásy. Tříbodový pás je veden přes průvlečný úchyt nacházející se na boční stěně a poté veden do navíjecí cívky. Průvlečný úchyt je montován na středním sloupku a je výškově stavitelný. Bezpečnostní pás lze tedy upravit na výšku postavy cestujícího. Cívka je montována do spodní části středního sloupku karoserie. Při rychlém vytáhnutí popruhu nebo při nárazu vozidla je cívka s pásem zablokována proti odvíjení

zabudovanou rychle reagující západkou. Bezpečnostní pás je spolehlivý do rychlosti 40 km/h a to z důvodu volnosti a roztažnosti pásu a také zpoždění účinku navíjecího zařízení. Efekt volnosti a roztažnosti se z části odstraní navíjecím zařízením uvnitř cívky, které v případě nehody navíjí cívku opačným směrem [21].

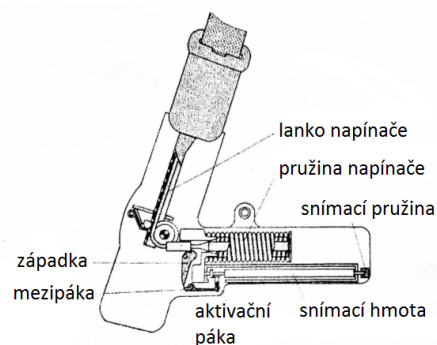
Na obrázku 5 je znázorněn napínač koncernu Volkswagen, který pracuje na principu Wankelova motoru. Jestliže vůz během 10 milisekund dosáhne zpoždění větší než 5 g napínač se aktivuje a pás přitáhne až o 120 mm. Při aktivaci dojde k zapálení primárního generátoru pomocí úderníku a nárazového zapalovače. Tlak plynů uvede do pohybu navíjecí buben a po dosažení prvního přepouštěcího kanálu nastane zapálení sekundárního plynového generátoru. Tlakem plynu se buben znova pootočí. Po dosažení druhého přepouštěcího kanálu nastane zapálení terciálního plynového generátoru, který s bubnem opět pootočí do poslední polohy – dolní úvratí. Celý proces pootočení bubnu trvá 12 ms [21].



*Obr. 5 Pyrotechnický napínač bezpečnostních pásů předních sedadel a schéma funkce napínače (Volkswagen): 1 – mechanický spouštěč; 2 – navíjecí mechanismus; 3 – primární plynový generátor; 4 – rotační píst; Funkce napínače (řez): a – zapálení primárního plynového generátoru; b – první přepouštěcí kanál; c – sekundární plynový generátor; d – druhý přepouštěcí kanál; e – terciální plynový generátor; g – rotační píst [21]*

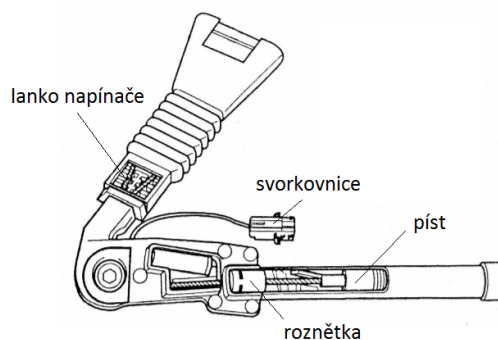
Existují také systémy předpínače zámku, které táhnou zámek bezpečnostního pásu dozadu a tím napínají břišní a hrudní větev bezpečnostního pásu. Napínací zařízení může být mechanické, nebo pyrotechnické.

U mechanického napínače zámku bezpečnostního pásu je předepjatá pružina. Pružina se v případě nehody uvolní přes aktivační páku a zatáhne za ocelové lanko, které je spojeno se zámkem pásu [21].



*Obr. 6 Mechanický napínač zámku bezpečnostního pásu [21]*

U pyrotechnického napínače zámku bezpečnostního pásu působí nálož, která se aktivuje pomocí senzorů. Vzniklý tlak působí na píst, ke kterému je připevněno ocelové lanko, které je spojeno se zámkem pásu [21].



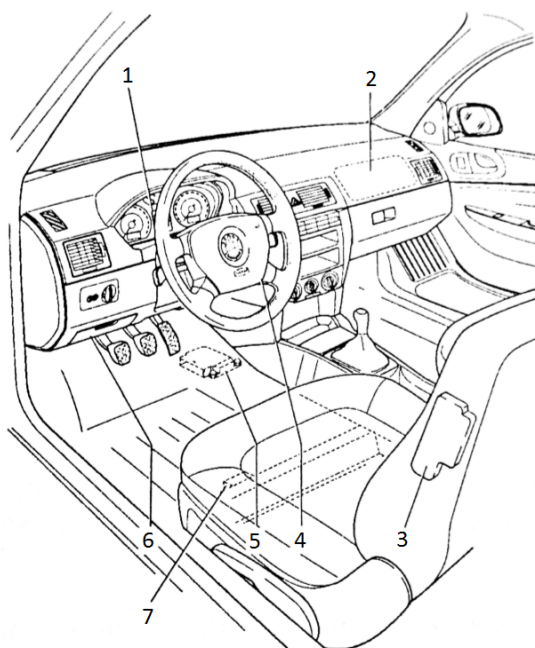
*Obr. 7 Pyrotechnický napínač zámku bezpečnostního pásu [21]*

Z biomechanického hlediska je nutné, aby síla v pásu nepřekročila během sepnutí obou systému určitou hodnotu. K tomuto účelu se používají omezovače zádržné síly, které jsou obvykle montovány do navíjecí cívky [21].

### **5.1.2 Bezpečnostní vaky – Airbagy**

Společně s bezpečnostními pásy se jedná o jedny z nejdůležitějších prvků pasivní bezpečnosti. V případě nehody se airbag naplní vzduchem a brzdí náraz horní části těla pasažéra, které by se jinak mohlo zranit o jiné části interiéru. Spodní část těla je buď nechráněná nebo se pro ochranu používají kolenní polštáře nebo kolenní pásy. Bezpečnostní efekt airbagu nastává pouze v kombinaci s bezpečnostními pásy. V dnešní době se v automobilech objevuje několik druhů airbagu, mezi ty nejčastější patří airbagy čelní. U lépe vybavených vozidel se můžeme setkat i s bočními a střešními airbagy.

O včasnou aktivaci airbagů se stará elektronická řídicí jednotka. Snímače čelního a bočního nárazu sledují zrychlení vozidla a řídicí jednotka na základě získaných dat situaci vyhodnotí. Lehké nárazy, jako například přejezd nerovnostní, nesmí airbag spustit. Data ze snímačů se zpracovávají v digitálních vyhodnocovacích algoritmech, kde se parametry citlivosti optimalizovaly pomocí dat z nárazových testů. V případě, kdy řídicí jednotka rozhodne o aktivaci airbagů, vyšle signál k zapálení pyropatrony a dojde k prudkému vývinu plynu, který nafoukne airbag. Kryt airbagu po odpálení patrony praskne a uvolní místo pro rozvinutí vaku. Při zapnutí zapalování se na přístrojové desce po dobu 3s rozsvítí kontrolka airbagů, která značí správnou funkčnost. Je-li systém jakkoli poškozen, kontrolka svítí trvale [21].



*Obr. 8 Rozmístění airbagů: 1 – kontrolka systému; 2 – modul čelního airbagu spolujezdce; 3 – modul bočního airbagu řidiče; 4 – modul čelního airbagu pro řidiče; 5 – řídicí jednotka airbagů; 6 – diagnostické přípojka; 7 – snímač bočního nárazu [21]*

### **Čelní airbagy**

Čelní airbagy chrání při nárazu do pevné překážky řidiče a spolujezdce na předních sedadlech před zraněním hlavy a hrudníku do rychlosti 60 km/h. Při čelním nárazu dvou vozidel chrání do relativní rychlosti 100 km/h. Čelní airbagy jsou u místa řidiče zabudované do hlavice volantu a u spolujezdce na předním sedadle do přístrojové desky. Předpínače bezpečnostních pásů při nárazu ve vyšších rychlostech nezabraňují nárazu hlavy na přístrojovou desku, tomuto střetu mají zabránit čelní airbagy [21].

Každé vozidlo má jiný interiér, aby se airbagy mohly dokonale přizpůsobit, mají různé plnicí množství i různé průběhy nárůstu tlaku. Aby posádka vozidla byla maximálně chráněna, musí se airbag naplnit dříve, než dojde ke kontaktu s cestujícím. Při střetu s cestujícím se airbag díky poréznímu materiálu částečně vyprázdní a absorbuje tak energii, kterou do něj chráněná osoba naráží. Možné zranění se tak zmírní nebo se mu zcela zabrání. Čelní airbag se v případě nárazu naplní přibližně za 40 ms [21].



*Obr. 9 Čelní airbagy [10]*

### **Boční airbagy**

Boční kolize tvoří 20 % z celkového počtu nehod, proto se stále větší počet vozidel vybavuje bočními a okenními airbagy. Boční airbagy chrání cestující na předních a zadních sedadlech a zamezují poranění hrudníku a bederní partie. Aktivace airbagu nastane při bočním střetu s bariérou, je-li rychlost nárazu větší než 28 km/h. Boční airbag se obvykle umísťuje do dveří za výplň nebo do vnější části předního opěradla. Kryty airbagů při aktivaci prasknou, proto tato místa nesmí být ničím překryta. Mezi cestujícím a bočními konstrukčními strukturami vozidla, není téměř žádná deformační zóna, z toho důvodu je žádoucí, aby se airbag co nejdříve rozvinul. Čas pro rozpoznání nárazu musí být přibližně 3 ms a doba naplnění vzduchem musí činit maximálně 10 ms [21].





*Obr. 10 Boční airbag [10]*

### **Okenní airbasy**

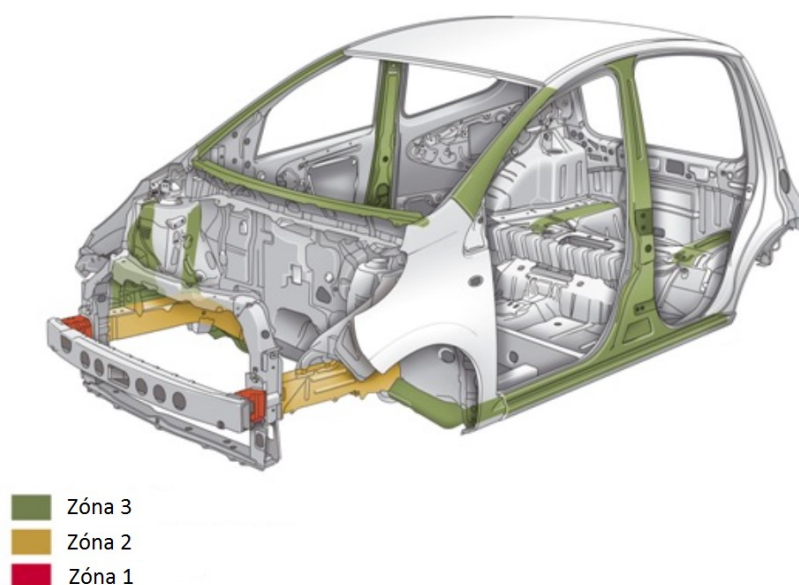
Okenní airbasy doplňují postranní airbasy a chrání cestujícího před bočním nárazem. Jsou instalovány do vnitřního prostoru rámu střechy a sahají od předního až po zadní střešní sloupek. Při nárazu se sepne společně s bočními airbasy, roztáhnou se po celé délce obou bočních skel a tím chrání hlavu řidiče, spolujezdce nebo cestujících na zadním sedadle před nárazem. Boční airbasy také chrání proti střepům z rozbitého bočního skla nebo před dalšími předměty, které by mohly vniknout do interiéru. Okenní airbag se naplní vzduchem do 25 ms [21].



*Obr. 11 Okenní airbasy [10]*

### 5.1.3 Struktura karoserie

Důležitým prvkem pasivní bezpečnosti je kromě bezpečnostních pásů a airbagů také struktura karoserie. Při kolizi musí mít schopnost absorbovat nárazovou energii. Na druhou stranu nosná struktura vozidla nesmí mít příliš velké deformační zóny, aby byl zachován vnitřní prostor pro přežití posádky. Vnitřní prostor musí zachovávat dostatečně velký prostor pro přežití, musí být tuhý a v případě nehody by měl zamezit vniknutí částí vozidla do kabiny. Struktura karoserie je rozdělena na tři deformační zóny, které slouží k zachycení sil vznikajících při nehodě.



*Obr. 12 Deformační zóny Citroënu C1 [13]*

#### **Zóna 1**

Tato deformační zóna zachycuje síly při nárazu na tuhé překážky do rychlosti 15 km/h. Pohlcuje síly v rozmezí 100 až 150 kN v závislosti na velikosti a konstrukci vozidla. Chrání druhou deformační zónu a pohonnou jednotku před dalším větším poškozením. Tato zóna je u většiny vozidel tvořena deformovatelnou plechovou strukturou s pěnovými prvky, která se v případě nárazu řízeně deformuje. Po deformaci je lehce vyměnitelná [11].

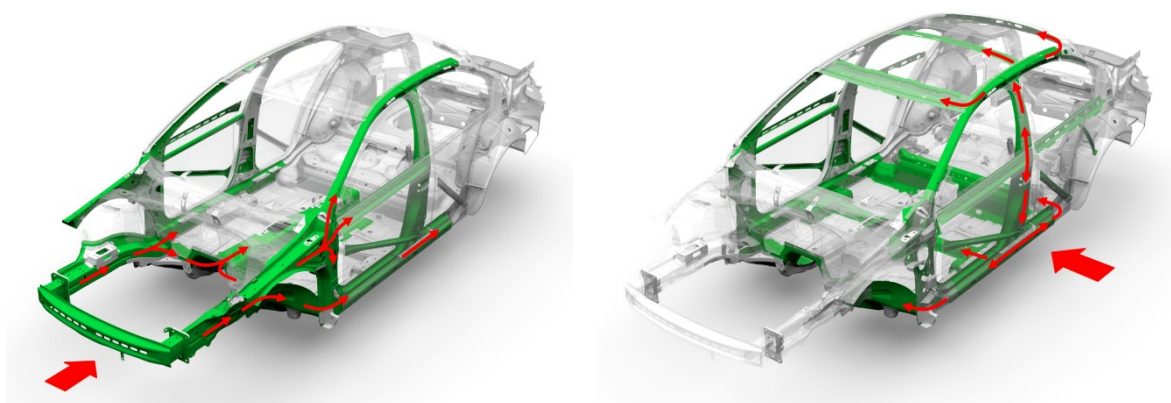
#### **Zóna 2**

Úkolem této deformační zóny je zajistit co nejpríznivější průběh negativního přetížení, které působí na posádku vozidla. Do této zóny patří také uložení pohonné jednotky. Pohonná jednotka je při deformaci zvláště problematická. V případě nárazu hrozí posunutí tuhých dílů až do vnitřního prostoru a ohrožení posádky. Z toho důvodu se používá speciální zavěšení motoru, které umožňuje usměrnit pohyb motoru pod podlahu

vozidla. Správná deformace první a druhé zóny je velmi důležitá pro třetí bezpečnostní zónu. Dojde-li ke špatné deformaci obou zón, může dojít k přenosu větších sil na třetí zónu a k následné nežádoucí deformaci [11].

### Zóna 3

Při postupné deformaci první a druhé zóny, musí právě třetí zóna deformaci odolat. Je označována jako zóna bezpečnostní. Je tvořena z vysokopevnostních materiálů, které jsou extrémně pevné díky technologií tváření za tepla. Musí odolat jak předním, tak i bočním nárazům. Při čelním nárazu se deformační síla přenáší z uzlu A sloupku do horního A sloupku a do prahu. Při bočním nárazu se nárazová síla přenáší přes oblast B sloupku k horní části A a C sloupku a spodní část síly k prahu [11].



*Obr. 13 Rozložení síly při čelním a bočním nárazu [12]*

## **6 Aktivní bezpečnost**

Aktivní bezpečnost jsou prvky, které pomáhají zabránit dopravním nehodám. Tyto prvky působí ještě před nehodou. Aktivní bezpečnost se dělí do čtyř základních kategorií, a to na jízdní, kondiční, pozorovací a ovládací bezpečnost.

Jízdní bezpečnost zmenšuje jízdní nedostatky. Patří zde výkon vozidla, brzdné vlastnosti, odpružení a aerodynamická stabilita. Dnes jsou doménou prvků aktivní bezpečnosti především elektronické asistenční systémy, které do této kategorie také zapadají. Existuje nespočet protiblokovacích, protiprokluzových a stabilizačních systémů.

Kondiční bezpečnost zahrnuje opatření zajišťující jízdní pohodlí. Především zde patří pohodlné sedění. To zahrnuje ergonomický tvar sedadla, přenos kmitů, rozložení měrných tlaků a seřizovací rozsah. Do kondiční bezpečnosti dále patří prvky, které snižují hladinu hluku, prvky stimulace psychické pohody a mikroklima [14].

Vidět a být viděn, tímto heslem se řídí pozorovací bezpečnost. Pod pojem vidět, patří především výhled z vozidla a dostatečné osvětlení vozovky. K druhé části hesla, být viděn, patří pasivní viditelnost. Pasivní viditelnost je především osvětlení vozidla, barva karoserie a výstražná signalizační zařízení [14].

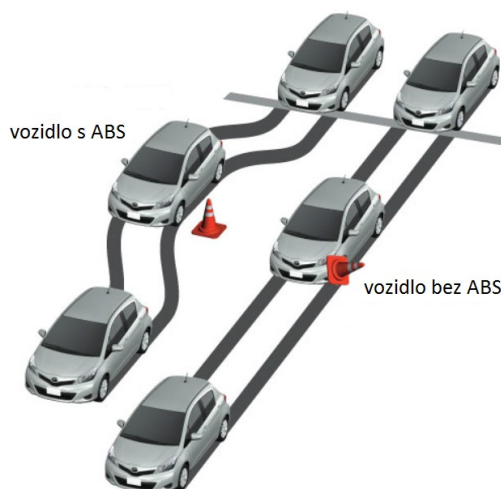
Ovládací bezpečnost zajišťuje spolehlivost a jistotu obsluhy. Podstatné je správné umístění ovládacích prvků, jejich tvar, povrch a dosažitelnost. Patří zde také ovládací síly plynového a brzdného pedálu, zajištění dveří či zvuková signalizace [14].

### **6.1 Vybrané prvky aktivní bezpečnosti**

#### **6.1.1 Elektronický protiblokovací systém ABS**

Elektronický protiblokovací systém ABS má svou funkci zabránit zablokování kol, a tím ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou, čímž umožňuje zachování ovladatelnosti

a říditelnosti vozidla při prudkém brždění. Zablokované kolo nepřenáší žádnou boční sílu. Od roku 2004 se systém ABS stal v zemích EU povinným.



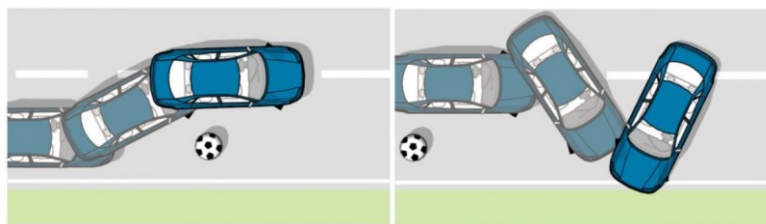
*Obr. 14 Vyhybovací manévr vozidla se systémem ABS a bez něj [16]*

Největší brzdné síly mezi pneumatikou a vozovkou lze dosáhnout na mezi adheze. Při překročení meze adheze se kola zablokují a brzdná síla prudce klesá, vozidlo se stává neřiditelné. Řídící jednotka přijímá informace z indukčního snímače otáček umístěného na každém kole vozidla. Pokud řídící jednotka dostane informaci, že je kolo blokováno, krátkodobě sníží tlak v brzdném systému pomocí regulačního ventilu a tím uvede kolo znovu do pohybu. Při prudkém brždění dochází k rychlému uvolňování zablokovaného kola tak, aby se brzdná síla udržovala na mezi adheze. K zajištění relativně stálého otáčení kol a říditelnosti vozu, může být kolo uvolněno až 16x za sekundu [15].

### **6.1.2 Elektronický stabilizační systém ESP**

Systém ESP pomáhá řidiči předejít vzniku smyku nebo pomáhá s jeho vyrovnáním prostřednictvím cílených zásahů do řízení. Je-li zjištěn nestabilní stav jízdních vlastností vozidla, řídící jednotka systému ESP zasáhne do řízení motoru, převodovky a brzd. Ke své funkci používá ESP také další elektronické systémy, protiblokovací i protiskluzové. Systém ESP kontroluje jízdní stabilitu 30krát častěji než řidič vozidla. Do řízení tedy může zasáhnout téměř okamžitě. Ze statistik vyplývá, že kdyby každé vozidlo bylo vybaveno tímto systémem, zabránilo by se až desetině dopravních nehod [17].

Ke správnému vyhodnocení kritické situace musí systém ESP určit, kde řidič vozidlo směřuje a kde vozidlo doopravdy jede. Ke správnému vyhodnocení je systém vybaven celou řadou snímačů, jako je snímač natočení volantu, otáček kol, podélného a příčného zrychlení, tlaku brzdové kapaliny, pohybu plynového pedálu a další. Snímač tlaku v brzdovém systému, plynového pedálu a úhlu natočení volantu určí, kam řidič vozidlo směřuje. Směr skutečné jízdy vozidla pomáhají určit snímače příčného a podélného zrychlení, snímač rotační rychlosti podle svislé osy vozu a snímače otáčení kol. Informace ze snímačů zpracovává řídící jednotka, která porovná požadovanou dráhu se skutečnou [17].



*Obr. 15 Vyhybací manévř vozidla bez systému ESP [17]*

Při vyhýbacím manévru, kdy řidič vozidla trhne volantem doleva a poté doprava, se vozidlo bez systému ESP dostane do smyku. Zadní část vozidla se bude pohybovat rychleji než přední část.



*Obr. 16 Vyhybací manévř vozidla se systémem ESP [17]*

Při stejné situaci, kdy vozidlo obsahuje systémem ESP, řídící jednotka zasáhne do řízení a nestabilnímu stavu zabrání. Při prvotním zatočení doleva řídící jednotka podpoří zatočení vozidla tím, že přibrzdí levé zadní kolo. Při následném zatočení doprava ESP přibrzdí pravé přední kolo a tím vozidlo lépe zatočí. Při navrácení vozidla zpět do jízdního pruhu se zablokuje levé přední kolo, aby se podpořilo odbočení doleva [17].

## 7 Hloubková analýza dopravních nehod

Pro úplné a přesné vyhodnocení nehodového děje se používá hloubková analýza, která se zabývá určením příčin a následků dopravních nehod. Výzkumný projekt na hloubkovou analýzu řešilo v minulosti CDV v. v. i. (dále jen CDV). Analýza nehod je nezávislá na integrovaném záchranném systému, tzn., že šetření probíhá po jiné linii, než šetření složek integrovaného záchranného systému. Hloubková analýza se nezabývá určováním viníka nehody, ale šetří psychický i zdravotní stav účastníků nehody, zjišťuje informace o vozidle, které bylo součástí nehody, a o související dopravní infrastruktuře a podmínkách v místě nehody. Hloubková analýza probíhá ve dvou fázích. První fáze nazývaná místní šetření se uskutečňuje přímo na místě dopravní nehody. Druhá fáze nazývaná analýza probíhá v laboratoři CDV. Všechna data, která byla zjištěna na místě nehody a data určená zpětnou simulací (rekonstrukcí nehodového děje) se zaznamenávají do databáze, na základě které se mohou vypracovávat různá statistická vyhodnocení.

### 7.1 Místní šetření

Jedná se o soubor činností, které vykonává výzkumný tým přímo na místě nehody. Výzkumný tým se zaměřuje na ohledání vozidla i místa dopravní nehody a také na sběr psychologických dat účastníku nehody. Po příjezdu výzkumného týmu na místo nehody se místo nehody i vozidlo (vozidla) účastníci se dopravní nehody fotograficky zdokumentují, provede se náčrt místa dopravní nehody se všemi důležitými rozměry a polohami vozidel podílejících se na nehodě. Jestliže měření není provedeno dostatečně přesně, ovlivní přesnost vyhodnocení celkové analýzy. Pracovníci týmu při tvorbě fotodokumentace soustředí pozornost na brzdné stopy od pneumatik a na rýhy ve vozovce vzniklé nehodovým dějem, na základě kterých se vypracuje výkresová dokumentace místa nehody. Následně se přistupuje k měření všech veličin, vztahujících se k dopravnímu prostředí. Měří se teplota a vlhkost vzduchu, teplota vozovky, adheze povrchu, stoupání vozovky apod. Dále je nutné změřit rozměry vozidel, velikost deformací, zjišťuje se typ vozidla, typ použitých pneumatik a zjišťuje se, zda došlo k aktivaci zádržných systému atd. Nejeví-li účastníci nehody známky zranění, jsou od nich získány údaje o jejich psychických stavech

za pomoci psychologického rozhovoru a příslušného dotazníku. Od Policie ČR se dále získá prvotní názor na příčinu vzniku nehody. Zjišťováním příčiny dopravní nehody se výzkumný tým zabývá až v analytické části. Analýzou dosažené výsledky jsou poté porovnány s prvotní hypotézou o příčině nehody zformulovanou na místě nehody [22].

Po odjezdu z místa nehody specialista přenese získána data z místa nehody do databáze v elektronické podobě. K tomu slouží specializované softwarové prostředí. Databáze obsahuje také výstupy z analýzy dopravní nehody, které jsou vepsány až po ukončení kompletní analýzy. Na základě údajů z databáze je možné následně provádět například statistické analýzy o intenzitě příčin dopravních nehod a také jejich následcích.

## **7.2 Analýza dopravní nehody**

Po ukončení místního šetření se provádí analýza dopravní nehody. Analýza zahrnuje zpracování na základě údajů získaných na místě nehody.

### **7.2.1 Analýza dopravní techniky**

V této části se komplexně posuzuje technický stav vozidel a určuje se podíl technického stavu na vzniku a průběhu dopravní nehody. Jelikož na místě nehody není dostatek času na detailnější ohledání vozidla, například podvozku, je vozidlo převezeno do laboratoře. V laboratoři se poté provede kompletní ohledání a určí se, zda vozidlo bylo přizpůsobené jízdě na pozemních komunikacích. Výstupem z analýzy dopravní techniky je také odhad ceny za opravu a je vyslovena hypotéza o tom, zda se oprava nehodou poškozeného vozidla vyplatí nebo jestli se jedná o škodu totální [22].

### **7.2.2 Psychologická analýza**

V rámci psychologické analýzy se posuzuje podíl lidského faktoru na vzniku dopravní nehody. Psychologická analýza popisuje nehodu z pohledu účastníka. Zaznamenává se



také sebeprofilace řidiče, jeho řidičské zkušenosti za volantem, počet najetých kilometrů od získání řidičského oprávnění atd. Dále se popisují psychologické a sociální charakteristiky zúčastněných jako jsou psychické stavy, nálada, existence přítomnosti omamných látek či únavy. Na základě získaných dat je stanovena míra příčiny lidského faktoru [22].

### **7.2.3 Analýza zranění**

Analýza zranění určuje, jak závažná zranění byla nehodou způsobena, jaká byla jejich příčina a jaký byl mechanismus jejich vzniku. Za účelem kvantifikace míry zranění účastníků dopravní nehody se používají dva hodnotící systémy. Prvním systémem je systém AIS, který hodnotí míru poranění z hlediska jednotlivých částí lidského těla a druhým systémem je systém ISS, který hodnotí míru zranění z hlediska celkové závažnosti zranění. Analýzu zpracovává výhradně lékař-traumatolog. Analýza zranění se neprovádí hned po příjezdu lékaře na místo nehody, ale teprve následně [22].

### **7.2.4 Analýza nehodového děje**

Za předpokladu, že bylo nashromážděno dostatečné množství dat z místního šetření, je možné provést rekonstrukci nehodového děje. Za tímto účelem musí být především znám tvar a velikost deformací vozidel a délka a intenzita brzdných stop a rýh. Analýza nehodového děje se provádí pomocí soudně inženýrských metod, zejména určení náběhových a doběhových rychlostí vozidel. Vyhodnocení se provádí buď graficko-početní metodou nebo pomocí specializovaného softwaru. Graficko-početní metody se volí podle typu dopravní nehody. Při analýze se zohledňuje, o jaký typ nárazu se jednalo – jestli se jednalo o pevnou překážku nebo zda se vozidla střetla čelně či pod určitým úhlem. Používá se několik druhu metod. Mezi ty nejpoužívanější patří Metoda průniku pásem a Metoda zachování energie a hybnosti. CDV používá pro analýzu nehodového děje software Virtual CRASH [22].

Virtual CRASH je program sloužící k rekonstrukci dopravních nehod. Výsledky simulace nehod jsou prezentovány prostřednictvím tabulek a diagramů a celý nehodový děj

může být zobrazen ve 2D nebo 3D prostředí. Při simulaci nehodového děje se nejprve zadají střetové polohy vozidel po skončení kompresní fáze, tedy polohy vozidel po deformaci. Dále se nastaví ostatní parametry (rychlost, úhel nárazu) tak, aby vozidla odpovídala konečné poloze. Při vhodném odhadu parametrů zjistíme předstřetové parametry pohybu, na základě kterých program spočítá doběhové a výběhové rychlosti vozidel.

## 8 Vymezení závislosti mezi rychlostí a typem vozidel k následkům dopravních nehod

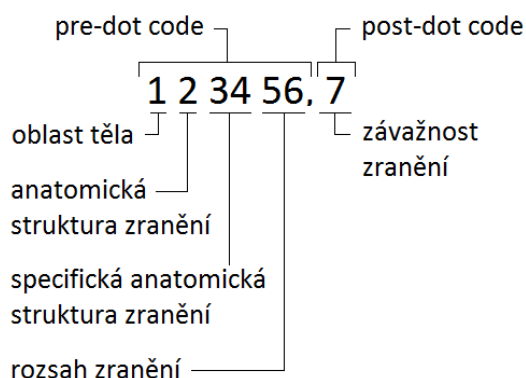
Za účelem vytvoření závislosti typologie zranění účastníka silničního provozu na střetové rychlosti a typu vozidla CDV poskytlo statistický soubor, kterým disponuje na základě vyřešeného projektu. Statistický soubor obsahoval 400 statistických údajů, tedy 400 záznamů o dopravních nehodách. Každý záznam o nehodě obsahuje několik údajů. Údaje o pozici účastníka nehody, tedy např. zda seděl na místě řidiče nebo spolujezdce na předních sedadlech či na zadních sedadlech. Dále obsahoval údaj o druhu vozidla, tzn., zda se jednalo o automobil osobní nebo nákladní, počtu dveří a o druhu karoserie (kombi, hatchback, sedan atd.). Ve statistice jsou zaneseny také informace o typ přídě vozidla (pontonová, klínová, mini atd.) a údaje o konkrétním modelu s modelovým rokem vozidla. Nechybí také údaj o rychlosti, při níž došlo ke střetu a také hodnota rychlosti  $\Delta V$ , což je rozdíl rychlosti před střetem a po střetu. Každý záznam o nehodě uvádí také hodnoty AIS a ISS. Hodnota AIS je přiřazována k jednotlivým částem těla a udává se na základě závažnosti zranění. Hodnota ISS následně určuje, o jaké zranění se celkově jedná, jestli došlo k lehkému či vážnému zranění a je stanovena na základě hodnot AIS. Statistický soubor obsahující hodnoty vztahující se k poranění jednotlivých částí těla zahrnuje údaje o rozsahu poranění všech částí těla tak, jak je pro určení hodnoty ISS požadováno. Každý záznam o nehodě obsahuje také údaje o aktivní a pasivní bezpečnosti. Z aktivní bezpečnostních prvků je zde uvedeno, zda dané vozidlo mělo ABS, ESP a ASR. V případě pasivních bezpečnostních prvků je uvedeno, zda vozidlo bylo vybaveno předními airbagy, jak na pozici řidiče, tak na pozici spolujezdce, jestli vozidlo bylo vybaveno bočními a kolenními airbagy a informace, zda byly airbagy aktivovány. Nechybí ani údaje o výskytu bezpečnostních pásů ve vozidle a informace, zda byl pasažér upoután či nikoli.

Cílem diplomové práce je vymežit vztah mezi rychlostí a následky silničních dopravních nehod z hlediska rozsahu a závažnosti poranění účastníků silničního provozu. Ve statistickém souboru se nachází celá řada statistických údajů, avšak ne všechny poskytují kompletní údaje. V prvním kroku muselo být rozhodnuto, podle jakého klíče budou data rozdělena a jaká data budou pro statistické vyhodnocení použita. Za účelem naplnění cíle práce se jeví jako nejvhodnější využití informací o AIS. Při podrobné

kontrole úplnosti statistických dat bylo zjištěno, že ne u každé nehody byly informace týkající se AIS zaznamenány. Za tím účelem byly nehody neobsahující informace o AIS ze zpracování vyřazeny a ke zpracování zůstal statistický soubor týkající se 155 dopravních nehod. Vzhledem ke skutečnosti, že základem pro vyhodnocení jsou údaje o AIS, bude tento systém představen podrobněji.

## 8.1 AIS

AIS je anatomický bodový systém, používaný v automobilovém odvětví, který popisuje závažnost zranění účastníka silničního provozu. Byl poprvé představen v roce 1969 a od té doby byl několikrát aktualizován tak, aby poskytoval dostatečně přesný popis poranění, naposledy v roce 2005. Systém AIS se skládá ze sedmimístné číslice a dvou složek [6].



*Obr. 17 Popis kódu AIS [6]*

První složkou je „pre-dot code”, což je jedinečný číselný kód, který popisuje typ a umístění zranění na těle. Skládá se ze šestimístné číslice, jež v pořadí první číslice kódu popisuje oblast těla, na kterém bylo způsobeno zranění a může nabývat hodnot 1 až 9 [6].

Tab. č.1: Číselné přiřazení k jednotlivým částem těla

Číslice	Část těla
1	páteř
2	krk bez páteře
3	hlava krom obličeje
4	obličej
5	hrudník bez ramen a páteře
6	břicho
7	horní končetiny
8	dolní končetiny
9	blíže neurčené

V pořadí druhá číslice kódu popisuje typ anatomické struktury zranění. Tedy, zda byl poraněn celý orgán nebo jen svaly, nervy, klouby atd. V pořadí třetí a čtvrtá číslice popisují specifickou anatomickou strukturu jednotlivých poranění, tedy jedná-li se o oděrky na kůži, řezné rány nebo zlomeniny. Poslední dvě číslice v pre-dot kódu popisují rozsah zranění [6].

Druhou složkou je „post-dot code”, který popisuje závažnost poranění a nabývá hodnot 1 až 6, kdy 1 je menší zranění a 6 značí neléčitelné, nepřežitelné zranění.

Tab. č.2: Závažnost poranění

AIS	Závažnost poranění
1	menší
2	mírné
3	vážné
4	těžké
5	kritické
6	nepřežitelné

Když se jedná o lehká zranění, hodnota zranění AIS se určuje přímo na místě nehody. Jestliže se jedná o vážnější zranění a účastník nehody byl převezen zdravotní službou, vyšetření se provede v nemocnici a výsledky jsou následně odeslány do CDV.

Statistický soubor obsahuje pouze hodnoty závažnosti zranění k jednotlivým částem těla. Veškerá poranění jsou tedy popsána dosti obecně. Pro lepší představu o závažnosti zranění bude proto uvedeno, o jaké zranění by se v případě dosažení určité hodnoty AIS mohlo jednat. Veškerá zranění, která jsou popsána v následujících tabulkách jsou pouze výběrem ze seznamu možných poranění. Kompletní seznam kódu obsahuje více než 2000 dat.

## Krk a páteř

V první fázi střetu dochází k předklonu hlavy ve směru nárazu a k hyperflexi krční páteře. Jestliže se v případě nárazu aktivují airbagy, do značné míry se zabrání pohybu hlavy dopředu. V případě, kdy řidič není připoután, je hyperflexe kompenzována pohybem celého trupu těla dopředu. V závislosti na rychlosti při střetu může docházet k lehkým pohmožděním, přes fraktury obratlů, až po odtržení lební spodiny. V druhé fázi dochází ke zpětnému pohybu hlavy, při kterém velmi často dochází k porušení krční míchy. Tento následek se dá z velké části eliminovat správným nastavením krční opěrky. Je-li aktivován airbag, velmi často se na kůži krku objevují popáleniny od působení horkého plynu z airbagu [3].

Tab. č.3: AIS stupnice krku bez páteře

AIS	Popis
1	Štítná žláza: kontuze, hematom
2	Štítná žláza: řezná rána Hrtan: tržné rány Krční žíly: ztráta krve < 20 %
3	Krční žíly: ztráta krve > 20 %
4	Hltan: perforace plné tloušťky
5	Hrtan, hltan: přetnutí, prasknutí
6	-

Tab. č.4: AIS stupnice páteře

AIS	Popis
1	Kůže a svaly: oděrky, pohmožděniny, krevní výron
2	Cévy: malé ruptury Hrudní páteř: dislokace bez zlomenin Bederní a hrudní páteř: vytlačení meziobratlových plotýnek
3	Cévy: významné ruptury Hrudní a krční páteř: vícenásobné ruptury kořenů nervů
4	Hrudní a krční páteř: neúplné pohmoždění míchy
5	Hrudní a krční páteř: ruptury v míše bez zlomenin
6	Oddělení hlavy Krční páteř: ruptura míchy

## Hlava a obličej

Při střetu s částmi interiéru záleží na nastavení sedadla, volantu a na tělesných proporcích řidiče. Při čelním střetu vozidla s překážkou dochází v první fázi k předklonu hlavy. Jestliže řidič není připoután, spodní třetina hlavy naráží do věnce volantu. V takovýchto situacích, dochází ke zranění tupého charakteru od oděrek přes fraktury až po velmi rozsáhlá devastující zranění. Ve vyšších rychlostech může hlava řidiče

dosáhnout až předního skla, které rozbije. V tomto případě dochází k četným řezným poraněním. V krajním případě může být řidič z vozidla vymrštěn, poté by byla zranění velmi rozsáhlá a devastující. Ke zmírnění řezných ran se v automobilech používají bezpečnostní skla, která se v případě nárazu neroztříští [3].

V případě, že je řidič připoután bezpečnostním pásem a ve vozidle nejsou airbagy, se hlava řidiče předklání do takové fáze, že může svou horní třetinou dosáhnout věnce volantu. V situaci, kdy je řidič připoután a airbag je aktivní, dochází k výrazně menším zraněním, obvykle jen k povrchovým oděrkám, avšak vnitřní zranění typu otřesu mozku ani s použitím airbagů nelze eliminovat.

*Tab. č.5: AIS stupnice hlavy krom obličeje*

<b>AIS</b>	<b>Popis</b>
1	Kůže: povrchové tržné rány, oděrky
2	Kůže: větší odtržení Lební klenba: zlomenina, jednoduchá, bez posunutí
3	Zlomenina spodiny lební Totální stržení skalpu Pohmoždění mozečku
4	Zlomenina lební klenby: komplexní, otevřená s pohmožděním nebo ztrátou části mozkové tkáně Drobné epidurální nebo subdurální krvácení
5	Velké penetrující poranění Stlačení mozkového kmene Větší epidurální nebo subdurální krvácení
6	Masivní destrukce lebky i mozku

*Tab. č.6: AIS stupnice obličeje*

<b>AIS</b>	<b>Popis</b>
1	Kůže: povrchové tržné rány, oděrky Nos: zlomenina
2	Zuby: ztráta, zlomenina Horní čelist: LeFort I, LeFort II Dolní čelist: zlomenina, otevřená, posuv
3	Horní čelist: LeFort III
4	Horní čelist: LeFort se ztrátou krve > 20 %
5	-
6	-

## **Hrudník a břicho**

Nepřipoutaný řidič v případě nehody naráží na volant hrudníkem. Při malých rychlostech nárazu dochází pouze k oděrkám s podlitinou, při rychlostech vyšších může dojít až k fraktuře žeber, zlomení hrudní kosti či ruptury aorty a srdce. Na břicho se

při menším nárazu objevují oděrky a pohmožděniny. Při větších nárazech se velmi často objevují ruptury nitrobřišních i retroperitoneálních orgánů. Připoutaný řidič a aktivovaný airbag minimalizují zranění ve většině případů pouze na oděrky a pohmoždění kopírující směr bezpečnostního pásu [3].

Tab. č.7: AIS stupnice hrudníku bez ramen a páteře

AIS	Kosterní poranění	Poranění měkkých tkání
1	Zlomenina jednoho žebra	Kontuze (zhmoždění) průdušek
2	Zlomená 2-3 žebra, zlomené hrudní kost	Částečné roztržení průdušky
3	Zlomená 4 a více žebra na jedné straně	Pohmoždění plic, minoritní zhmoždění srdce
4	Rozdrcený hrudník, 4 a více zlomených žeber na obou stranách	Oboustranné porušení plic, drobné porušení aorty, značné poškození srdce
5	Oboustranně rozdrcený hrudník	Značné porušení aorty, porušení plic s pneumotoraxem
6	-	Poškození aorty s krvácením mimo mezihrudí

Tab. č.8: AIS stupnice břicha

AIS	Popis
1	Kůže a svaly: pohmoždění
2	Slezina a játra: pohmoždění na < 50% plochy
3	Ledviny: značné poškození Ruptura sleziny
4	Malá ruptura břišní aorty Ruptura jater a aorty
5	Ledviny: totální destrukce a cévního systému
6	Játra: odtržení, oddělení cévních úchyťů

## Horní končetiny

U dopravních nehod dochází k závažným zraněním horních končetin jen výjimečně. Řidič se zpravidla těsně před střetem zapře pevně do volantu a náraz není tak silný, aby došlo k závažnějším zraněním. Hrozí ovšem zlomeniny a vykloubení jednotlivých prstů [3].



Tab. č.9: AIS stupnice horních končetin

AIS	Popis
1	Kůže: odřenina Traumatická amputace prstů krom palce, vícenásobné
2	Paže, předloktí: zlomenina Traumatická amputace palce
3	Žíly, tepny: ztráta krve > 20% Traumatická amputace na nebo nad zápěstím
4	Traumatická amputace na nebo nad loktem nebo pod ramenem
5	Traumatická amputace pod ramenem, bilaterální
6	-

### Dolní končetiny

Pokud řidič není upoután, jeho nohy narážejí do spodní strany palubní desky. Při slabých nárazech může dojít k oděrkám a pohmožděninám. Při nehodách ve vyšších rychlostech, může dojít k tržným ranám a zlomeninám kostí. Bezpečnostní pásy zmírňují poranění dolních končetin, avšak následky nárazu zcela neeliminují. Řidič je téměř vždy před nehodou pevně zapřen o pedály a podlahu vozidla. Při silnějším rázu může dojít k přenosu síly přes nohy, až ke kyčelnímu kloubu. Dochází pak k vážným poraněním pánve [3].

Tab. č.10: AIS stupnice dolních končetin

AIS	Popis
1	Kotník, kyčel: pohmoždění, vymknutí
2	Pánev: zlomenina Kyčel, koleno: vykloubení Svaly, vazy: utržení, prasknutí Palec: amputace
3	Traumatická amputace pod kolenem Pánev: otevřená zlomenina Femur: zlomenina
4	Pánev: zlomenina „open book“ Traumatická amputace nad kolenem
5	Pánev: výrazné deformace s porušením cév a ztrátou krve > 20%
6	-

Vyhodnocení statistického souboru o rozsahu zranění jsem bylo dále prováděno v závislosti na veličině  $\Delta V$ . Tato veličina je daleko vhodnější pro vyhodnocování střetu než střetová rychlost.

## 8.2 Rychlost $\Delta V$

Rychlost  $\Delta V$  je rozdíl rychlosti vozidla před střetem a po střetu s uvažováním úhlu odklonu vozidla po střetu. Stanoví se dle vzorce:

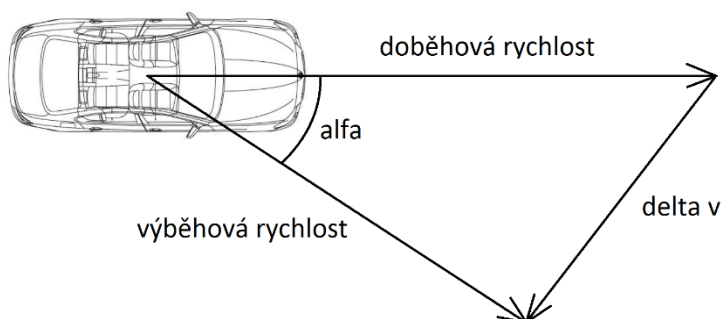
$$\Delta V = \sqrt{V_d^2 + V_v^2 - 2 \cdot V_d \cdot V_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right)} \quad [km/h] \quad (1)$$

kde:

$V_d$  [km/h] – doběhová rychlost

$V_v$  [km/h] – výběhová rychlost

$\alpha$  [°] – úhel odklonu vozidla po střetu



Obr. 18 Schéma ke vztahu  $\Delta V$  [17]

Při stanovení  $\Delta V$  se postupuje následovně. Při střetu dvou vozidel, kdy první vozidlo jede rychleji než druhé, a narazí do vozidla jedoucího před prvním vozidlem ve stejném směru se rychlosti obou vozidel dle vzorce  $\Delta V$  odečtou. Jestliže první vozidlo pojede 100 km/h a druhé 80 km/h rozdíl rychlosti  $\Delta V$  se bude rovnat 20 km/h. V tomto případě lze předpokládat daleko menší zranění, než s uvažováním střetové rychlosti prvního vozidla 100 km/h. Výsledek statistiky by pak mohl být značně nepřesný.

Výběhovou rychlost, tedy rychlost vozidla bezprostředně po střetu, lze určit pomocí několika metod a empirických vztahů, např. metodou dle Marquarda, Burga či McHenryho.

Doběhovou rychlost, tedy rychlost vozidla těsně před střetem, lze určit pomocí několika metod, jak grafických, tak numerických. Mezi nejčastější metody patří například metoda průniku pásem, ZZH+ZEE či metoda DRHI+EES. Při střetu vozidel záleží na druhu nárazu vozidla, tzn., zda šlo o střet čelní, boční či zadní. Na základě zjištěných údajů přímo na místě nehody se poté vybere nejvhodnější metoda a vypočítají se výběhové

rychlosti. V dnešní době se k zjištění doběhových a výběhových rychlostí využívají počítačové programy, které obsahují algoritmus na určení ideální početních postupů.

## **8.3 Dělení vozidel**

### **8.3.1 Podle obchodních tříd**

Podle předpisu EHK jsou silniční vozidla rozdělena do několika skupin a podskupin. Rozdělují se podle toho, zda jsou určena k přepravě nákladu nebo osob, podle počtu kol a podle hmotnosti. Statistický soubor obsahuje pouze informace o vozidlech kategorie M1 (dle kategorizace vozidel EHK). Z toho důvodů byla vozidla dělena podle obchodních tříd. Rozdělení osobních vozidel do obchodních tříd není zcela jednoznačné a neřídí se žádnou technickou normou. O rozdělení do tříd rozhodují výrobci s pomocí organizací zabývajících se analýzou trhu. Hranice mezi jednotlivými třídami jsou často velmi nejednoznačné a liší se podle jednotlivých trhů.

Pro statistické zpracování byla vozidla rozdělena, vzhledem k malému počtu dat, do dvou skupin. Na skupinu malých vozidel, která obsahují vozidla třídy mini, malé a nižší střední a skupinu velkých vozidel, které obsahují vozidla třídy střední, vyšší střední a velká/luxusní vozidla. Při dělení do obchodních tříd, se vychází hlavně z hmotnosti vozidel, dále se vozidla dělí podle délky a rozvoru výkonu, objemu motoru. Pro statistické dělení byla největší váha přidělena hmotnosti vozidel, protože hmotnost vozidel výrazně ovlivňuje kinetickou energii, která patří k základním faktorům ovlivňujícím následky nehodového děje. Nejlehčí vozidla patří do skupiny mini, nižší a nižší střední. Skupina vozidel nižší a nižší střední třídy má kategorii hmotnosti přibližně stejnou, proto bylo dělení provedeno až za touto hranicí hmotnosti. V průběhu let, kdy vozidla nabývají na rozměrech se hodnoty délek, rozvorů a ostatních veličin upravují. Přehled základních parametrů vozidel v jednotlivých třídách udává tabulka 11.

Tab. č.11: Dělení vozidel do obchodních tříd

Třída	mini	nižší	nižší střední		střední		vyšší střední	velká / luxusní
Skupina	A	B	C		D		E	F
Délka [mm]	<3900	<4300	<4500	<4600	<4700	<4800	<5000	<5200
Rozvor [mm]	<2500	<2600	<2700		<2800		<2900	<3000
Provozní hmotnost [kg]	<1200	<1700	<1700		<1800		<2000	<2300
Běžný objem motoru [l]	<1,2	1,2–2,0	1,6–3,2		1,6–3,5		2,0–3,5	2,5–6,0
Běžný výkon [kW]	<45	40–132	59–190		75–210		100–270	170+

Tab. č.12: Příklady zařazení vozidel do obchodních tříd

Třída	mini	nižší	nižší střední		střední		vyšší střední	velká / luxusní
Skupina	A	B	C		D		E	F
Příklad vozů Škoda	Citigo	Fabia	Rapid	Octavia	-	Superb	-	-
Příklad vozů VW	Up!	Polo	Golf	Jetta	-	Passat	-	Phaeton
Příklad vozů BMW	-	-	Řada 1	Řada 2	Řada 3	Řada 4	Řada 5	Řada 7
Příklad vozů Audi	-	A1	A3	-	A4	A5	A6	A8
Příklad vozů Ford	Ka	Fiesta	C-MAX	Focus	S-MAX	Mondeo	Falcon	Taurus
Příklad vozů Toyota	Aygo	Yaris	Auris	Prius	-	Avensis	Cruiser	-
Příklad vozů Peugeot	108	208	308	-	-	508	-	-

### 8.3.2 Podle modelového roku

Ve statistickém souboru, se nacházejí vozidla s modelovým rokem 1983 až po rok 2016, což je rozdíl přibližně třiceti let. Vzhledem k rostoucím požadavkům na bezpečnost je zřejmé, že vozidla vyrobená v roce 1983 budou mít bezpečnostně zcela jiné parametry než vozidla vyrobená v roce 2001 nebo 2016. Např. v roce 2001 bylo představeno první vozidlo, které získalo plný počet hvězd z nárazových testů Euro NCAP. Z uvedeného důvodu byla každá skupina vozidel rozdělena podle modelového roku na vozidla s modelovým rokem 2001 a starším a na vozidla s modelovým 2002.

Dobrym příkladem pokroku pasivní bezpečnosti mohou být dále výsledky nárazových testů dvou podobných vozidel, která od sebe dělí 20 let vývoje. Obě vozidla patří do skupiny malých vozidel, konkrétně třídy mini. Jedna se o vozidlo Rover 100 z roku 1997 a nové vozidlo Honda Jazz z roku 2017. Na následujících obrázcích jsou snímky z kamer při nárazovém testu.



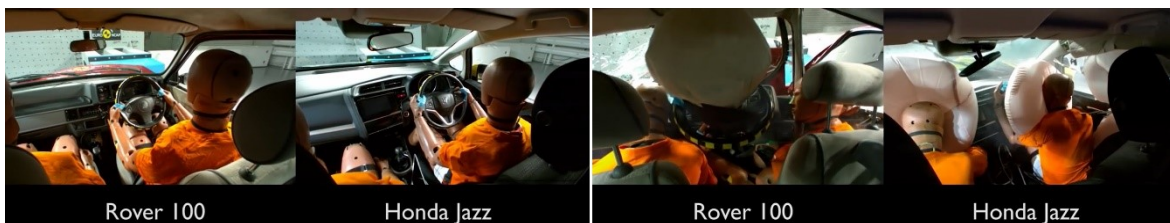
*Obr. 19 Deformace exteriéru vozidla (červené vozidlo – Rover 100, žluté vozidlo – Honda Jazz) [18]*



*Obr. 20 Deformace exteriéru vozidla (červené vozidlo – Rover 100, žluté vozidlo – Honda Jazz) [18]*



*Obr. 21 Deformace exteriéru vozidla (červené vozidlo – Rover 100, žluté vozidlo – Honda Jazz) [18]*



*Obr. 22 Deformace interiéru vozidla [18]*

Z následujících snímků lze usoudit, že posádka v Hondě nejspíše utrpěla lehká zranění, zatímco posádka Roveru dopadla mnohem hůře.

## 9 Statistické zpracování typů a rozsahů zranění v závislosti na $\Delta V$

Na začátku statistického zpracování bylo zapotřebí existující data rozvrhnout do určitých skupin. Získaná data byla rozdělena podle tří hledisek:

1. Podle rychlosti  $\Delta V$  získané ze software Virtual CRASH (na základě informace z CDV),
2. dle hmotnosti,
3. dle stáří.

Nejdříve bude popsán systém rozdělení dat podle rychlosti  $\Delta V$ . Při tomto typu zpracování byl použit podobný systém jako u běžného zpracování naměřených dat. Protože získaná data  $\Delta V$  mohou být považována za data spojitého charakteru byl použit systém jejich rozdělení do tříd, jaký se používá u rozdělení dat týkající se spojitých náhodných proměnných. Při běžném statistickém zpracování se vychází z určitých pravidel, na základě kterých je možno zpravidla stanovit počet tříd a z nich vyplývající šířku na základě variačního rozpětí. V případě vyhodnocovaného statistického souboru bylo postupováno mírně odchylně od těchto zavedených pravidel, přičemž bylo uvažováno s minimální hodnotou  $\Delta V$  0 km/h a s maximální hodnotou  $\Delta V$  80 km/h. Z logiky věci vyplývá, že výhodou menší šířky třídy je podrobnější členění naměřených dat (neztrácí se přesnost naměřených dat v rámci zpracování), což ovšem na druhou stranu přináší nevýhodu v podobě snižování počtu statistických znaků v jednotlivých třídách a z toho vyplývající nemožnost generování zobecňujících závěrů z hlediska využití statistických metod. Při určování počtu tříd bylo také nutno zohlednit, aby nedocházelo k zařazení značně rozdílných hodnot  $\Delta V$  do stejné třídy. Výsledkem provedených úvah tedy bylo rozdělení statistických dat do tříd o šířce 20 km/h. Celkem tedy data budou z pohledu rychlosti  $\Delta V$  rozdělena do čtyř intervalů –  $\langle 0;20 \rangle$ ;  $\langle 20;40 \rangle$ ;  $\langle 40;60 \rangle$ ;  $\langle 60;80 \rangle$ . V dodaných datech se vyskytovaly i vyšší hodnoty  $\Delta V$ , které nebyly do zpracování zahrnuty a to ze dvou důvodů. Buď se jednalo o data, u kterých nebyly k dispozici všechny potřebné informace z hlediska dalšího zpracování (především o typu a rozsahu poranění účastníků) nebo se jednalo o situace kdyby se v dané třídě vyskytoval jeden nebo maximálně dva statistické údaje, což je z hlediska generování zobecňujících závěrů nedostatečné.

Protože při výpočtech doběhových a výběhových rychlostí hraje zásadní roli kinetická energie, jejichž hodnota závisí kromě rychlosti i na hmotnosti vozidla, jeví se jako účelné rozdělit získaná data také k závislosti na uvedené hmotnosti vozidel. Z tohoto důvodu budou získaná data rozdělena na tzv. malá vozidla do hmotnosti  $<1800$  kg a velká vozidla od hmotnosti  $\geq 1800$  kg.

Dá se očekávat, že vliv na rozsah a závažnost zranění budou mít také vybavení vozidel pasivními bezpečnostními prvky. Protože se v získaném statistickém souboru vyskytovaly údaje o vozidlech se značně rozdílným stářím, z čehož vyplývá jejich rozdílná vybavenost z hlediska pasivních bezpečnostních prvků, bylo k tomuto faktoru v rámci zpracování také nutné přihlížet. Vzhledem ke zdůvodnění provedenému v kapitole 8.3.2 byla vozidla dále členěna na vozidla s modelovým rokem výroby 2001 a starší a 2002 a novější. V případě vozidel zařazených do kategorie velká vozidla nebylo členění z časového hlediska provedeno, neboť nejenže se vyskytovaly v některých třídách velice nízké počty statistických dat, ale nebylo ani možno provést porovnání statistických dat v sousedních třídách. Z těchto důvodů bylo od členění velkých vozidel z časového hlediska opuštěno.

Případy nehod, při kterých účastník nebyl připoután, byly ze souboru odstraněny. Je to z toho důvodu, že daný účastník silničního provozu porušil pravidla provozu na pozemních komunikacích v oblasti bezpečnosti, tedy výrazně zvýšil nebezpečí zranění v důsledku dopravní nehody.

Statisticky nebudou zpracovány informace o nehodovosti velkých vozidel pro třídu  $\Delta V$  týkající se rychlosti z intervalu  $(60;80)$  km/h, je to z toho důvodu, že se v této třídě nacházejí pouze dva statistické údaje.

Tabulka č.13 udává rozsahy zpracovávaných dat v závislosti na hodnotách  $\Delta V$  a členění vozidel na malá a velká. Tabulka č.14 obsahuje rozsahy zpracovávaných dat v závislosti na hodnotách  $\Delta V$  a členění malých vozidel podle modelového roku výroby. Tabulka č.15 obsahuje rozsahy zpracovávaných dat v závislosti na hodnotách  $\Delta V$  a členění velkých vozidel podle modelového roku výroby.

Tab. č. 13: Dělení statistického souboru podle velikosti vozidla

$\Delta V$	n	Skupina malých vozidel (A-C)	Skupina velkých vozidel (D-F)
$\langle 0;20 \rangle$	75	53	22
$(20;40)$	46	31	15
$(40;60)$	23	16	7
$(60;80)$	11	9	2
$\Sigma$	155	109	46

Tab. č. 14: Dělení skupiny malých vozidel podle modelového roku výroby

$\Delta V$	Skupina malých vozidel (A-C)	
	Modelový rok 2001 a starší	Modelový rok 2002 a novější
$\langle 0;20 \rangle$	28	25
$(20;40)$	22	9
$(40;60)$	12	4
$(60;80)$	5	4
$\Sigma$	67	42

Tab. č. 15: Dělení skupiny velkých vozidel podle modelového roku výroby

$\Delta V$	Skupina velkých vozidel (D-F)	
	Modelový rok 2001 a starší	Modelový rok 2002 a novější
$\langle 0;20 \rangle$	11	11
$(20;40)$	7	8
$(40;60)$	3	4
$(60;80)$	1	1
$\Sigma$	22	24

## 9.1 Závislost typu a rozsahu zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval $\langle 0;20 \rangle$ km/h

V této skupině bude provedeno statistické vyhodnocení s poměrně velkým množstvím dat vzhledem k ostatním skupinám, konkrétně se 75 statistickými údaji. Jednalo se jednoznačně o podsoubor s největším počtem dat. Pro skupinu malých vozidel je k dispozici 53 statistických údajů. Vzhledem k většímu počtu statistických dat lze malá vozidla rozdělit do předem určených skupin podle stáří vozidel. Pro skupinu velkých vozidel je k dispozici 22 statistických údajů.



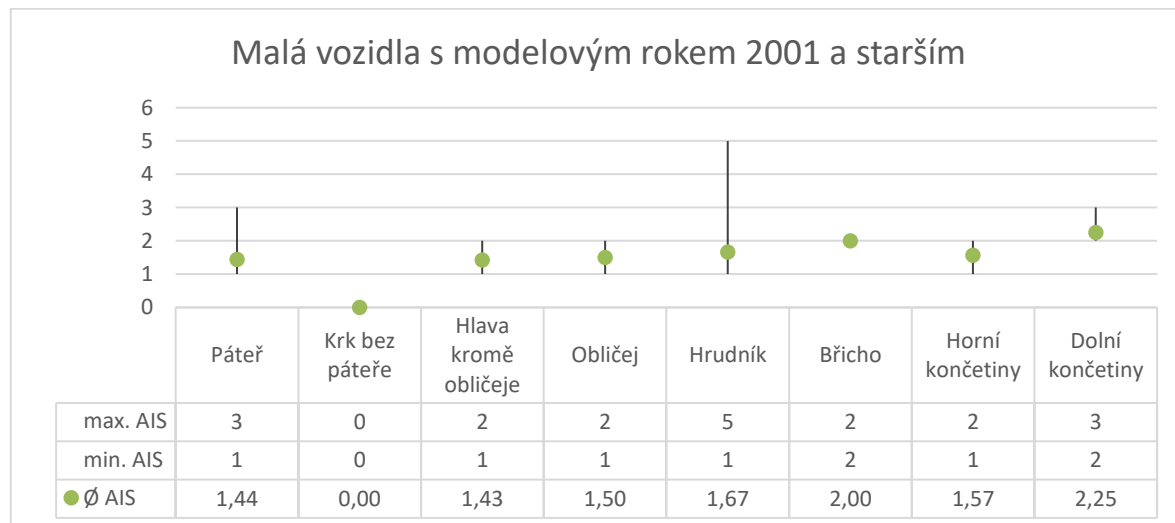
### 9.1.1 Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2001 a starším

Pro statistické vyhodnocení skupiny malých vozidel s modelovým rokem 2001 a starším je k dispozici 28 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.16. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění jsou v tabulce uvedeny pouze počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění.

Tab. č. 16: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	6	0	4	1	9	0	3	0
2	2	0	3	1	0	1	4	3
3	1	0	0	0	2	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č.16 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



Graf č.1: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS

Z tabulky 16 a grafu č.1 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h, potom nejzávažnější zranění se vyskytovala podle AIS na hrudníku. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním dolních končetin, břicha a hrudníku.

Pro celý statistický soubor malých vozidel s modelovým rokem 2001 a starším byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, kolik procent účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

*Tab. č.17: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %*

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	21,43	0,00	14,29	3,57	32,14	0,00	10,71	0,00
2	7,14	0,00	10,71	3,57	0,00	3,57	14,29	10,71
3	3,57	0,00	0,00	0,00	7,14	0,00	0,00	3,57
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Do tabulky č.18 byly zaznamenány relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili.

*Tab. č.18: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %*

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	32,14	0,00	25,00	7,14	42,86	3,57	25,00	14,29
Bez zranění	67,86	100,00	75,00	92,86	57,14	96,43	75,00	85,71

Mezi tři nejčastější zranění, která byla při rychlosti  $\Delta V$  v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h zaznamenána, patří poranění hrudníku, který si poranila téměř polovina účastníků nehody, pak také páteř a se stejnou relativní četností také hlava a horní končetiny u menšího procenta účastníků došlo k poranění dolních končetin. U žádného účastníka nedošlo k poranění krku a jen malého procenta účastníků došlo k poranění břicha a obličeje.

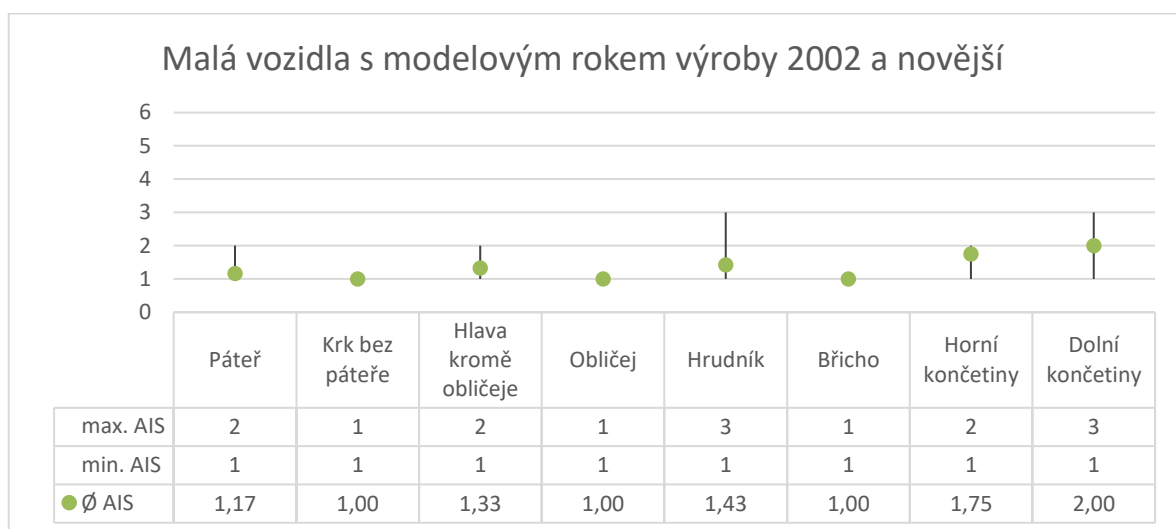
### 9.1.2 Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2002 a novějším

Pro statistické vyhodnocení skupiny malých vozidel s modelovým rokem 2002 a novějším je k dispozici 25 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.19. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění jsou v tabulce opět uvedeny pouze počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění.

Tab. č.19: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	5	4	4	1	5	1	1	1
2	1	0	2	0	1	0	3	0
3	0	0	0	0	1	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č. 19 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



Graf č.2: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS

Z tabulky 19 a grafu č.2 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu  $\{0;20\}$  km/h, potom nejvážnější zranění se vyskytovala podle AIS na hrudníku a dolních končetinách. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u dolních a horních končetin a také na hrudníku.

Pro celý statistický soubor malých vozidel s modelovým rokem 2002 a novějším byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, kolik procent účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

Tab. č.20: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	20,00	16,00	16,00	4,00	20,00	4,00	4,00	4,00
2	4,00	0,00	8,00	0,00	4,00	0,00	12,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Do tabulky č.21 byly zaznamenány relativní četnosti zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili.

Tab. č.21: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	24,00	16,00	24,00	4,00	28,00	4,00	16,00	8,00
Bez zranění	76,00	84,00	76,00	96,00	72,00	96,00	84,00	92,00

Mezi tři nejčastější zranění, která byla při rychlosti  $\Delta V$  v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h způsobena, patří poranění hrudníku, páteře a se stejnou relativní četností také hlava. Naopak, jen velmi malé procento účastníků nehody si poranilo břicho, obličej a dolní končetiny.

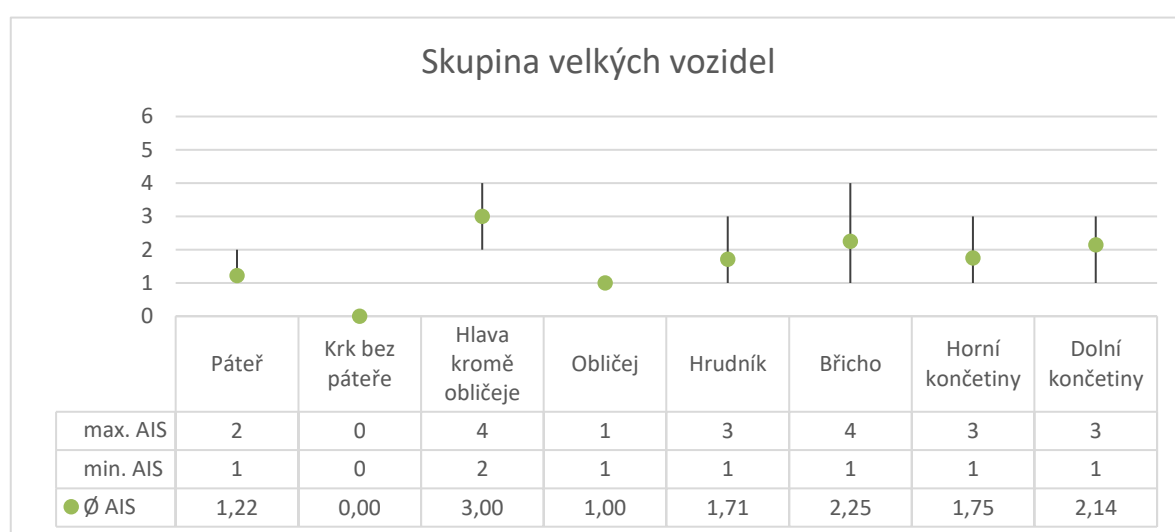
### 9.1.3 Skupina velkých vozidel

Pro statistické vyhodnocení skupiny velkých vozidel je k dispozici 28 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.22. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění jsou v tabulce opět uvedeny pouze počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění.

Tab. č.22: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	7	0	0	2	4	2	2	2
2	2	0	1	0	1	0	1	2
3	0	0	1	0	2	1	1	3
4	0	0	1	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č.22 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



Graf č.3: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS

Z tabulky 22 a grafu č.3 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h, potom nejzávažnější zranění se vyskytovala podle AIS na hlavě krom obličeje a břicha. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u hlavy krom obličeje, břicha a dolních končetin.

Pro celý statistický soubor velkých vozidel byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, jaké procento účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

Tab. č.23: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	31,82	0,00	0,00	9,09	18,18	9,09	9,09	9,09
2	9,09	0,00	4,55	0,00	4,55	0,00	4,55	9,09
3	0,00	0,00	4,55	0,00	9,09	4,55	4,55	13,64
4	0,00	0,00	4,55	0,00	0,00	4,55	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Do tabulky č.24 byly zaznamenány relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili.

Tab. č. 24: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	40,91	0,00	13,64	9,09	31,82	18,18	18,18	31,82
Bez zranění	59,09	100,00	86,36	90,91	68,18	81,82	81,82	68,18

Mezi tři nejčastější zranění, která byla při rychlosti  $\Delta V$  v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h u skupiny velkých vozidel způsobena, patří poranění páteře a dále se stejnou relativní četností poranění hrudníku a dolních končetin. Méně často se vyskytla zranění břicha, horních končetin, hlavy kromě obličeje a obličeje. Nikdo z 22 účastníků si neporanil krk.

## 9.2 Závislost typu a rozsahu zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval $(20;40)$ km/h

V této skupině bude provedeno statistické vyhodnocení pro skupinu dat se 46 statistickými údaji. Pro skupinu malých vozidel je k dispozici 31 statistických údajů. Vzhledem k většímu počtu statistických údajů lze malá vozidla opět rozdělit do skupin podle stáří vozidel. Pro skupinu velkých vozidel je k dispozici 15 statistických údajů.

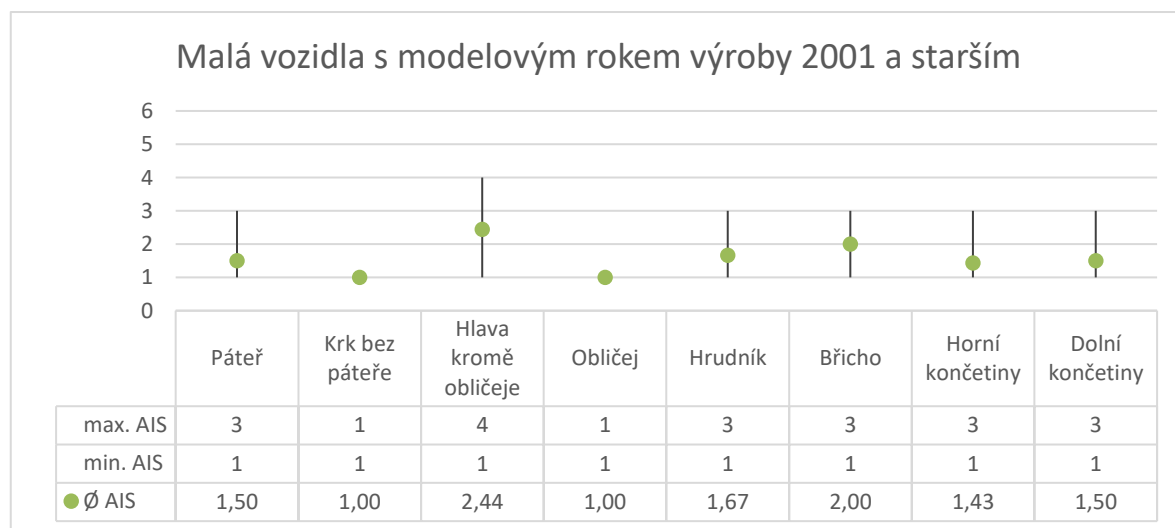
## 9.2.1 Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2001 a starším

Pro statistické vyhodnocení skupiny malých vozidel s modelovým rokem 2001 a starším je k dispozici 22 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.25. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění jsou v tabulce uvedeny opět pouze počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění. Tabulka obsahuje počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla.

Tab. č.25: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	4	1	2	5	6	2	5	6
2	1	0	3	0	0	0	1	3
3	1	0	2	0	3	2	1	1
4	0	0	2	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č. 25 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



Graf č.4: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS

Z tabulky 25 a grafu č.4 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu (20;40) km/h, potom nejzávažnější zranění se vyskytovala podle

AIS na hlavě krom obličeje. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u hlavy krom obličeje, břicha a hrudníku.

Pro celý statistický soubor malých vozidel s modelovým rokem 2001 a starším byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, kolik procent účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

*Tab. č.26: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %*

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	18,18	4,55	9,09	22,73	27,27	9,09	22,73	27,27
2	4,55	0,00	13,64	0,00	0,00	0,00	4,55	13,64
3	4,55	0,00	9,09	0,00	13,64	9,09	4,55	4,55
4	0,00	0,00	9,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Do tabulky č.27 byla zaznamenána relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili.

*Tab. č. 27: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění v %*

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
<b>Se zraněním</b>	27,27	4,55	40,91	22,73	40,91	18,18	31,82	45,45
<b>Bez zranění</b>	72,73	95,45	59,09	77,27	59,09	81,82	68,18	54,55

Mezi tři nejčastější zranění, která byla při rychlosti  $\Delta V$  v intervalu (20;40) km/h způsobena, patří poranění dolních končetin, se stejnou relativní četností zranění hrudníku a hlavy. Méně často se vyskytovala zranění horních končetin, páteře, obličeje a břicha. Téměř nikdo se nezranil na krku.

## 9.2.2 Skupina malých vozidel s modelovým rokem výroby 2002 a novějším

Pro statistické vyhodnocení skupiny malých vozidel s modelovým rokem 2002 a novějším je k dispozici 9 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.28. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění

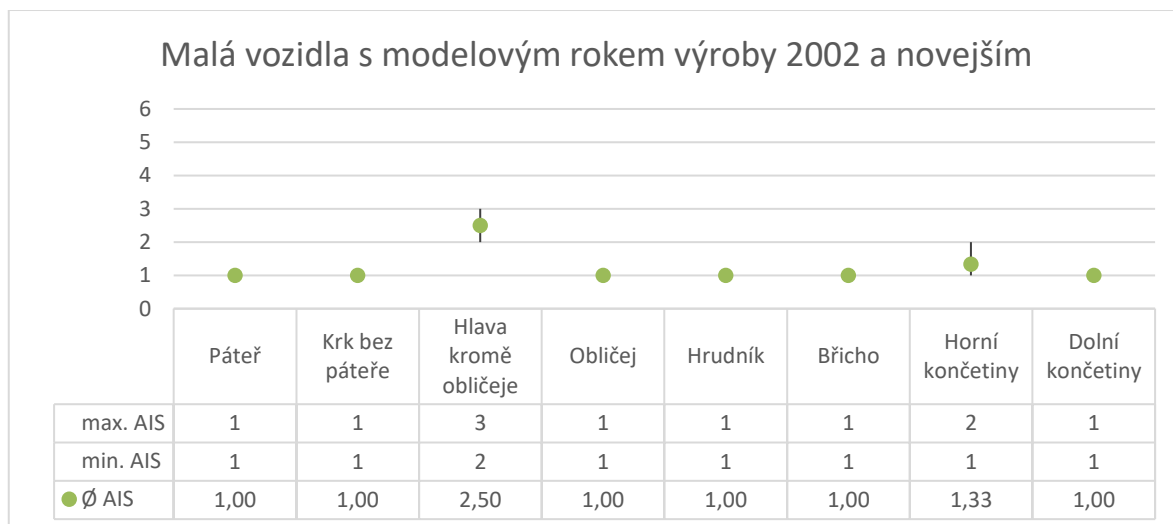


jsou v tabulce opět uvedeny pouze počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění.

Tab. č. 28: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	2	1	0	1	4	1	2	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č. 28 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



Graf č.5: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS

Z tabulky 28 a grafu č.5 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu (20;40) km/h, potom nejzávažnější zranění se vyskytovala podle AIS na hlavě krom obličeje. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u hlavy krom obličeje, horních končetin, páteře, krku bez páteře, obličeje, hrudníku, břicha a dolních končetin.

Pro celý statistický soubor malých vozidel s modelovým rokem 2002 a novějším byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, jaké procento účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

Tab. č.29: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	22,22	11,11	0,00	11,11	44,44	11,11	22,22	11,11
2	0,00	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00
3	0,00	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab. č. 30: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	22,22	11,11	22,22	11,11	44,44	11,11	33,33	11,11
Bez zranění	77,78	88,89	77,78	88,89	55,56	88,89	66,67	88,89

Do tabulky č.30 byla zaznamenána relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili. Mezi tři nejčastější zranění, patří poranění hrudníku, horních končetin a se stejnou relativní četností také poranění hlavy krom obličeje páteře. Méně často se vyskytovala zranění krku, obličeje, břicha a dolních končetin.

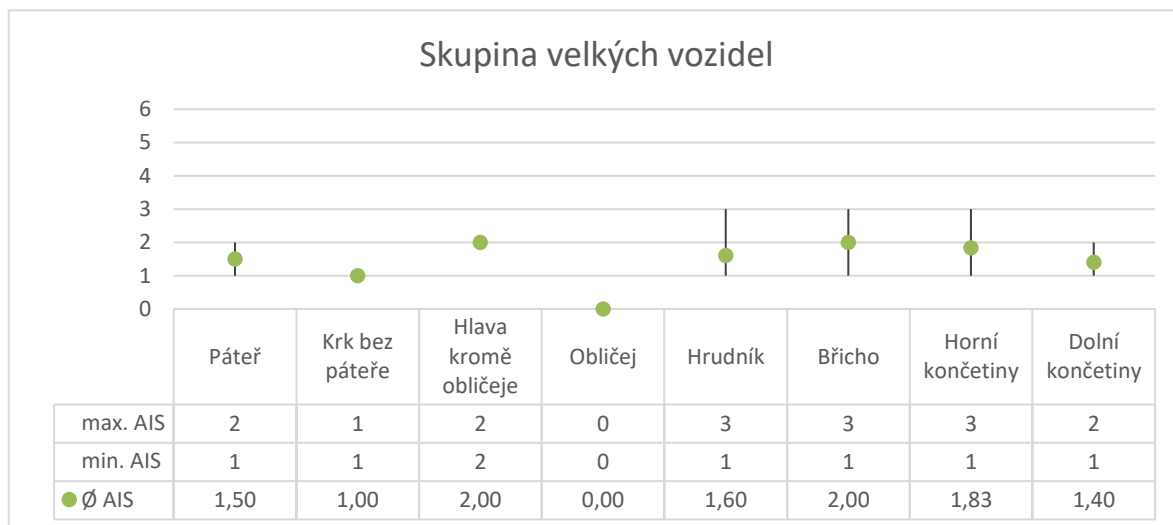
### 9.2.3 Skupina velkých vozidel

Pro statistické vyhodnocení skupiny velkých vozidel je k dispozici 15 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č. 31. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění jsou v tabulce opět uvedeny pouze počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění.

Tab. č.31: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	1	1	0	0	7	1	2	3
2	1	0	2	0	0	0	3	2
3	0	0	0	0	3	1	1	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č.31 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



*Graf č.6: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS*

Z tabulky 31 a grafu č.6 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu (20;40) km/h, potom nejvážnější zranění se vyskytovala podle AIS na hrudníku, břiše a horních končetinách. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u břicha, hlavy krom obličeje a horních končetin.

Pro celý statistický soubor velkých vozidel byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, jaké procento účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

*Tab. č.32: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %*

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	6,67	6,67	0,00	0,00	46,67	6,67	13,33	20,00
2	6,67	0,00	13,33	0,00	0,00	0,00	20,00	13,33
3	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	6,67	6,67	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Tab. č.33: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %*

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	13,33	6,67	13,33	0,00	66,67	13,33	40,00	33,33
Bez zranění	86,67	93,33	86,67	100,00	33,33	86,67	60,00	66,67

Do tabulky č.33 byla zaznamenána relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili. Mezi tři nejčastější zranění, která byla při rychlosti  $\Delta V$  v intervalu (20;40) km/h způsobena, patří poranění páteře, se stejnou relativní četností poranění hrudníku a dolních končetin. Naopak, nikdo z 22 účastníků si poranil krk bez páteře a jen velmi malé procento si poranilo obličej.

### 9.3 Závislost typu a rozsahu zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval (40;60) km/h

V této skupině bude provedeno statistické vyhodnocení s poměrně malým množstvím dat, konkrétně s 23 statistickými jednotkami. V této třídě nebude provedeno rozdělení malých vozidel podle stáří, protože by výrazněji klesl počet statistických údajů ve skupině týkající se modelového roku výroby 2002 a novějšího. Pro skupinu malých vozidel je k dispozici 16 statistických údajů. Pro skupinu velkých vozidel je k dispozici 7 statistických údajů.

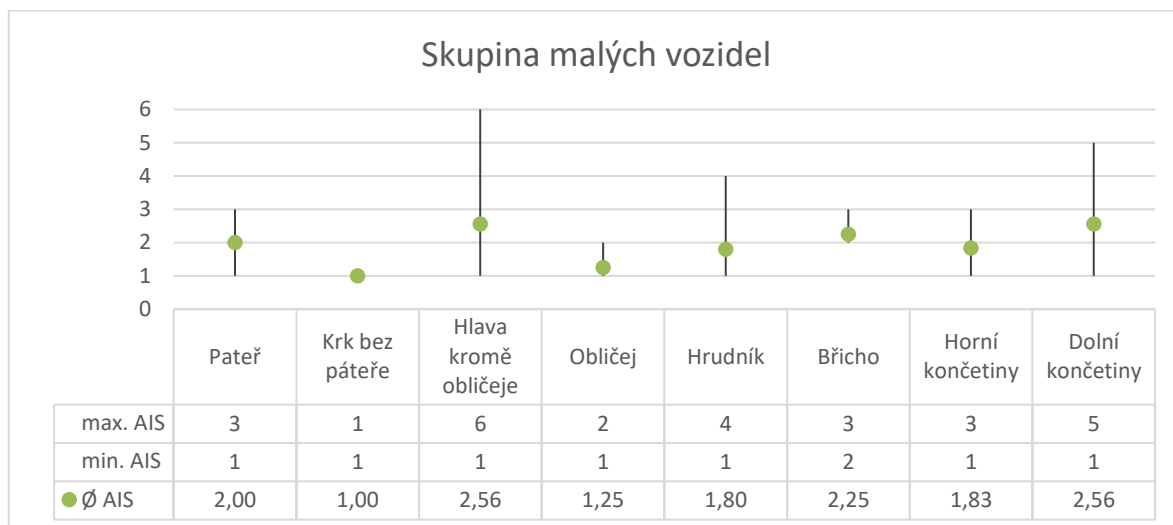
#### 9.3.1 Skupina malých vozidel

Pro statistické vyhodnocení skupiny malých vozidel s modelovým rokem 2001 a starším je k dispozici 16 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.34. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění jsou v tabulce opět uvedeny pouze počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění. Tabulka popisuje počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla.

Tab. č. 34: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	2	4	5	3	6	1	3	1
2	1	0	1	1	1	1	1	4
3	2	0	0	0	2	2	2	3
4	0	0	1	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	2	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č.34 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



*Graf č.7: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro skupinu malých vozidel*

Z tabulky 34 a grafu č.7 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu (40;60) km/h, potom nejvážnější zranění se vyskytovala podle AIS na hlavě krom obličeje. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u hlavy krom obličeje, dolních končetin a břicha.

Pro celý statistický soubor malých vozidel byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, kolik procent účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

*Tab. č.35: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %*

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	12,50	25,00	31,25	18,75	37,50	6,25	18,75	6,25
2	6,25	0,00	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	25,00
3	12,50	0,00	0,00	0,00	12,50	12,50	12,50	18,75
4	0,00	0,00	6,25	0,00	6,25	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,25
6	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Tab. č. 36: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %*

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	31,25	25,00	56,25	25,00	62,50	25,00	37,50	56,25
Bez zranění	68,75	75,00	43,75	75,00	37,50	75,00	62,50	43,75

Do tabulky č.36 byla zaznamenána relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili. Mezi nejčastější zranění patří poranění hrudníku, kde ke zranění došlo u více než 60 % účastníků. Nad 50 % došlo ke zranění dolních končetin a se stejnou relativní četností také ke zranění a hlavy. V takto velkých rychlostech je zranění téměř nevyhnutelné, nejméně zranění, s relativní četností 25 % bylo na krku, obličeji a břichu.

Poprvé se v této třídě vyskytly případy, kde došlo k devastujícím poraněním účastníka dopravní nehody, konkrétně se jednalo o devastující poranění hlavy.

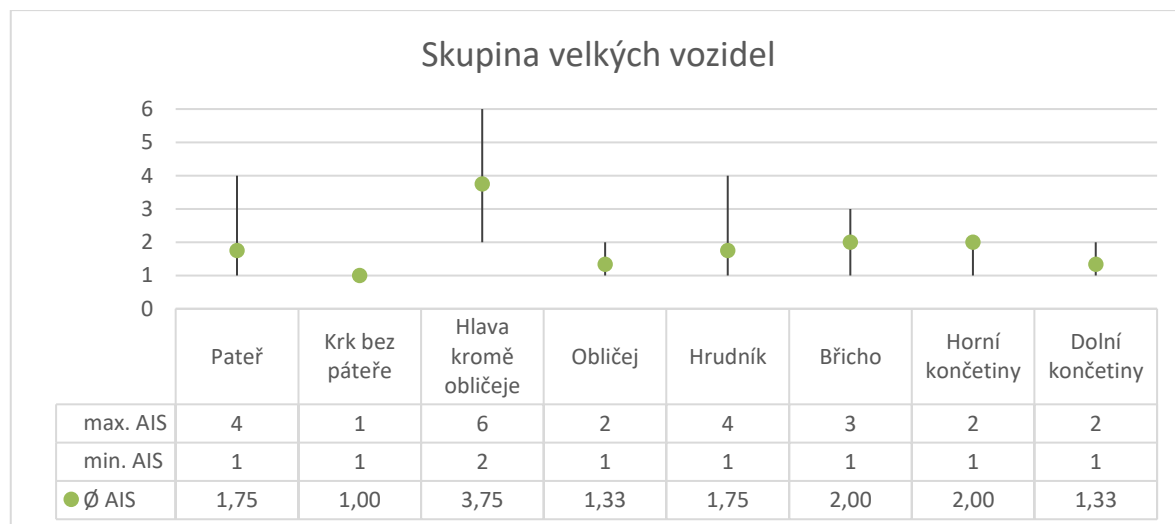
### 9.3.2 Skupina velkých vozidel

Pro statistické vyhodnocení skupiny velkých vozidel je k dispozici 8 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.37.

Tab. č. 37: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	3	2	0	2	3	1	1	2
2	0	0	1	1	0	0	0	1
3	0	0	1	0	0	1	1	0
4	1	0	1	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0

Na základě tabulky č.37 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



Graf č.8: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS

Z tabulky 37 a grafu č.8 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu (40;60) km/h, potom nejzávažnější zranění se vyskytovala podle AIS na hlavě krom obličeje. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u hlavy krom obličeje, horních končetin a břicha.

Pro celý statistický soubor velkých vozidel byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, kolik procent účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

Tab. č.38: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	37,50	25,00	0,00	25,00	37,50	12,50	12,50	25,00
2	0,00	0,00	12,50	12,50	0,00	0,00	0,00	12,50
3	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	12,50	12,50	0,00
4	12,50	0,00	12,50	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab. č.39: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	50,00	25,00	50,00	37,50	50,00	25,00	25,00	37,50
Bez zranění	50,00	75,00	50,00	62,50	50,00	75,00	75,00	62,50

Do tabulky č.39 byla zaznamenána relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili. Mezi tři nejčastější zranění, která byla při rychlosti  $\Delta V$  v intervalu (40;60) km/h způsobena, patří poranění páteře, hlavy a hrudníku. V takto velkých rychlostech je zranění téměř nevyhnutelné, nejmenší četnost zranění se týkala krku, břicha a horních končetin.

## 9.4 Závislost typu a rozsahu zranění podle AIS na rychlosti $\Delta V$ pro interval (60;80) km/h

V této skupině bude provedeno statistické vyhodnocení s malým množstvím dat, konkrétně s 11 statistickými údaji. Pro skupinu malých vozidel je k dispozici 9

statistických údajů. Pro skupinu velkých vozidel statistické vyhodnocení nebude zpracováno.

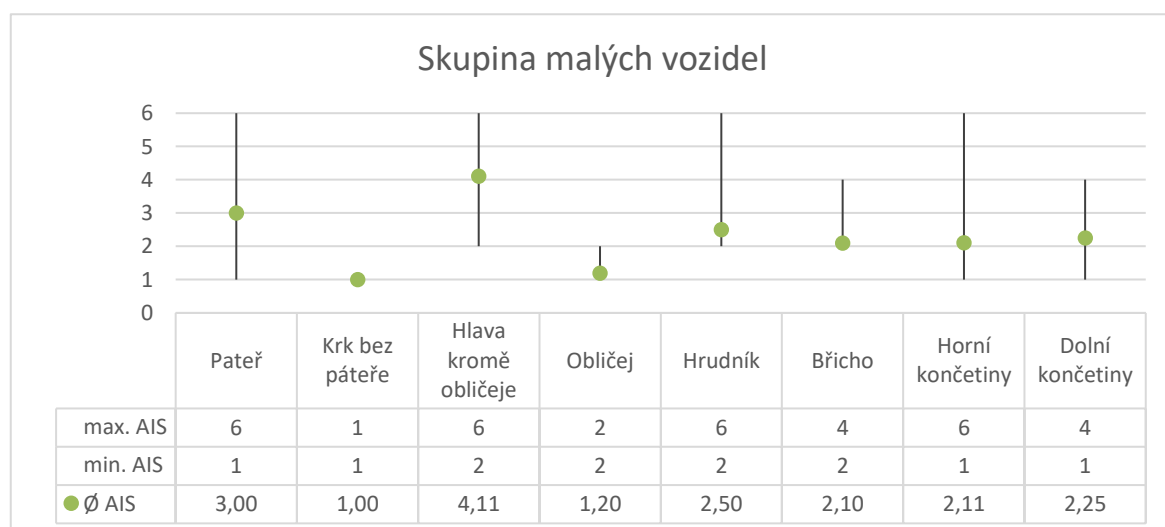
### 9.4.1 Skupina malých vozidel

Pro statistické vyhodnocení skupiny malých vozidel malých vozidel je k dispozici 9 statistických údajů. Počty výskytů zranění na jednotlivých částech těla jsou uvedeny v tabulce č.40. Vzhledem k cíli práce zmapovat typologii zranění jsou v tabulce uvedeny počty účastníků, kteří při dopravní nehodě utrpěli zranění. Tabulka popisuje pouze počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla.

Tab. č.40: Počet a závažnost zranění na jednotlivých částech těla, pro účastníky nehody se zraněním

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	1	5	2	4	6	5	5	6
2	2	0	1	1	2	1	1	0
3	1	0	1	0	1	2	2	3
4	1	0	0	0	0	2	0	3
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	0	5	0	1	0	1	0

Na základě tabulky č.40 byl zpracován graf reprezentující maximální, minimální a průměrnou hodnotou zranění AIS podle jednotlivých částí těla.



Graf č.9: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro skupinu malých vozidel



Z tabulky 40 a grafu č.9 vyplývá, že dojde-li ke zranění účastníka dopravní nehody pro hodnotu  $\Delta V$  v intervalu (60;80) km/h, potom nejvážnější zranění se vyskytovala podle AIS na hlavě krom obličeje, páteři, hrudníku a horních končetinách. Z hlediska tří nejvyšších průměrných hodnot zranění podle AIS docházelo ke zraněním u hlavy krom obličeje, páteři a hrudníku.

Pro celý statistický soubor malých vozidel byla dále zpracována tabulka relativních četností, která udává, kolik procent účastníků nehody si zranilo určitou část těla a s jakou závažností.

Tab. č.41: Relativní četnost závažnosti zranění na jednotlivých částech těla vyjádřená v %

AIS	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
1	7,69	38,46	15,38	30,77	30,77	38,46	38,46	46,15
2	15,38	0,00	7,69	7,69	15,38	7,69	7,69	0,00
3	7,69	0,00	7,69	0,00	7,69	15,38	15,38	23,08
4	7,69	0,00	0,00	0,00	15,38	15,38	0,00	23,08
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	7,69	0,00	38,46	0,00	7,69	0,00	7,69	0,00

Tab. č. 42: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění vyjádřená v %

	Páteř	Krk bez páteře	Hlava kromě obličeje	Obličej	Hrudník	Břicho	Horní končetiny	Dolní končetiny
Se zraněním	46,15	38,46	69,23	38,46	76,92	76,92	69,23	92,31
Bez zranění	53,85	61,54	30,77	61,54	23,08	23,08	30,77	7,69

Do tabulky č.42 byla zaznamenána relativní četnost zranění účastníků, kteří vyvázli z nehody bez zranění určité části těla a těch, kteří si během nehodového děje určitou část těla zranili. Mezi tři nejčastější zranění, která byla při rychlosti  $\Delta V$  v intervalu (60;80) km/h způsobena, patří zranění dolních končetin, hrudníku a břicha. Při takto velkých rychlostech hrozí téměř určitě zranění dolních končetin, kde relativní četnost dosahuje hodnoty 92 %, hrudníku a břicha s relativní četností 76 %.

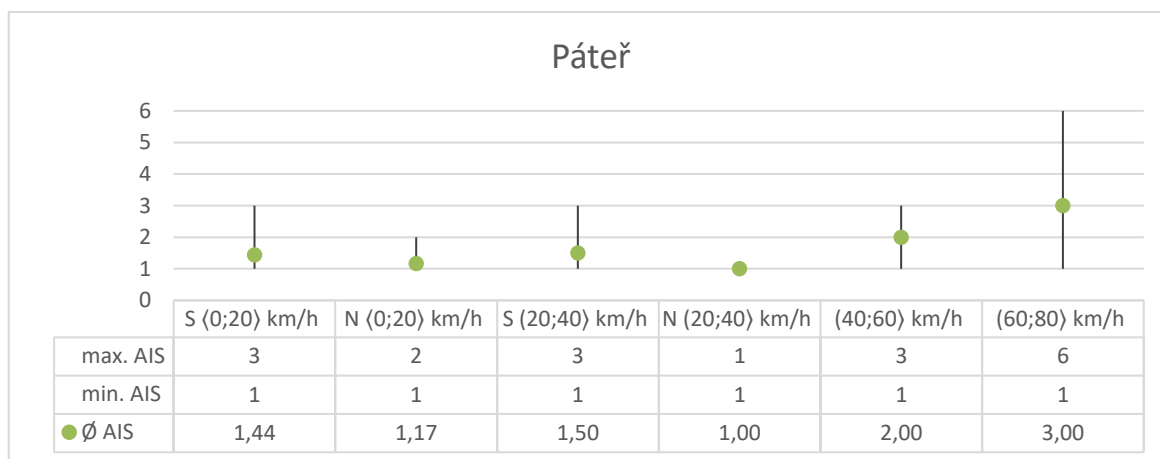
## 10 Statistické zpracování typu a rozsahu zranění v závislosti na jednotlivých částech těla

V předchozí kapitole byla monitorována závažnost zranění podle jednotlivých tříd týkajících se rychlosti  $\Delta V$ . Za účelem větší vypovídací schopnosti bude v této kapitole provedeno statistické zpracování závažností poranění pro jednotlivé skupiny vozidel a části těla. Bude akceptováno rozdělení vozidel popsané v úvodu kapitoly 9.

Pro každou část těla byl vytvořen graf maximálních, minimálních a průměrných hodnot zranění podle AIS. Pro každou část těla byl vytvořen také graf relativních četností. Statistické vyhodnocení bude provedeno se zaměřením na vývoj průměrné hodnoty AIS.

### 10.1 Závažnost zranění AIS pro skupinu malých vozidel

#### 10.1.1 Páteř

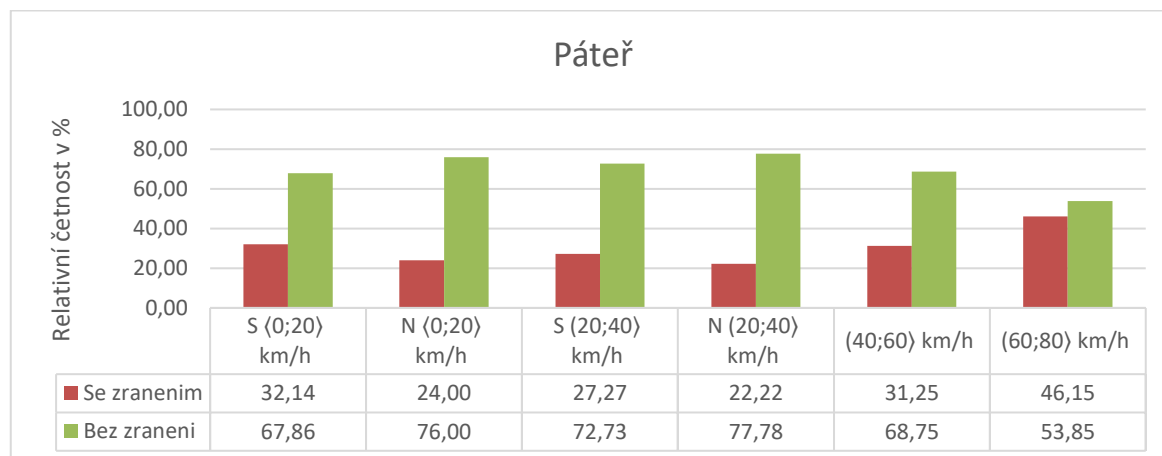


Graf č.10: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.10 vyplývá, že v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h u starších vozidel došlo průměrně k vážnějším zraněním páteře než u vozidel novějších. Analogicky tato skutečnost nastala i v intervalu  $(20;40)$  km/h. Průměrná závažnost zranění mezi intervaly  $\langle 0;20 \rangle$  km/h a  $(20;40)$  km/h v oblasti páteře není až tak rozdílná. Z grafu jde vidět, že při nehodě

novějších vozidel dochází k průměrně menším zraněním. Z toho vyplývá, že při nehodě v novějších vozidlech nedochází k tak závažným zraněním páteře z pohledu průměrné hodnoty AIS a vozidla jsou tedy pro tuto část těla bezpečnější.

K větším poraněním dochází při intervalu rychlosti (40;60) km/h. Průměrná hodnota AIS dosahuje stupně 2. V posledním rychlostním intervalu dochází v oblasti páteře ke smrtelným zraněním a průměrné zranění AIS dosahuje stupně 3. Můžeme tedy říct, že s rostoucí rychlostí stoupá závažnost zranění páteře.

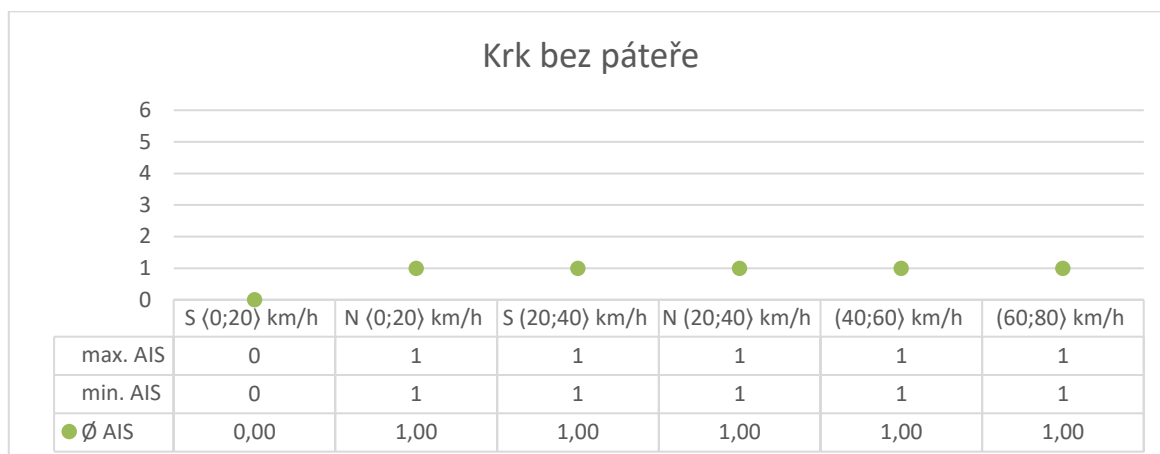


*Graf č.11: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.11 vyplývá, že četnost zranění u starších vozidel v intervalu <0;20> km/h je větší než u vozidel novějších. Stejně tak i v intervalu (20;40) km/h. Dá se tedy říct, že novější vozidla jsou bezpečnější a hrozí v nich menší riziko úrazu páteře. V intervalu rychlosti (40;60) km/h, četnost zranění páteře opět mírně stoupla. V posledním intervalu dochází téměř k 50 % četnosti poranění páteře.

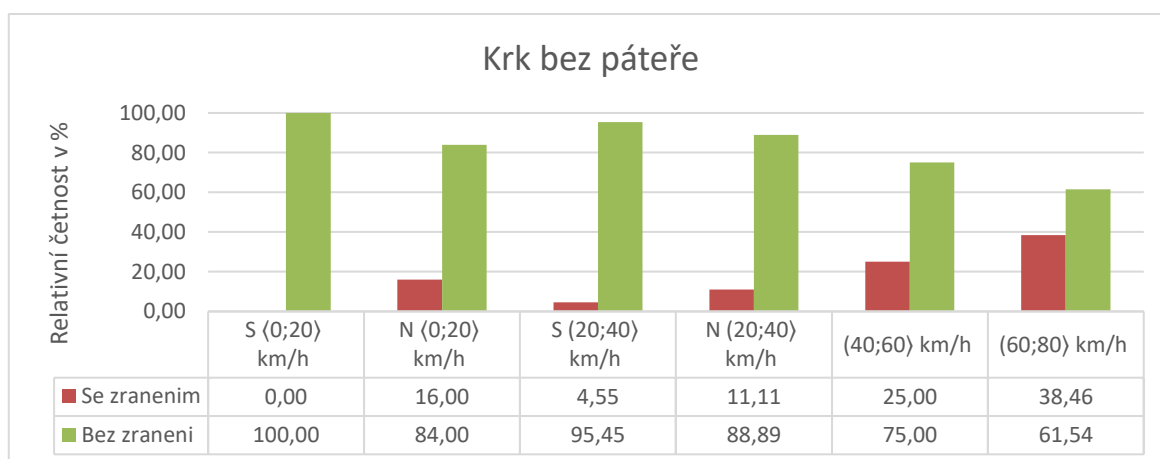
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  se zvyšuje četnost zranění páteře i jejich závažnost.

## 10.1.2 Krk bez páteře



Graf č.11: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.11 vyplývá, že v oblasti krku nedocházelo ke stoupající tendenci závažnosti poranění v případě vozidel s modelovým rokem výroby 2002 a novějším. Nárůst lze pozorovat ve skupině starších vozidel, pro rychlosti  $\Delta V$  v intervalech (0;20) a (20;40) km/h. V intervalu rychlosti (0;20) km/h, dokonce nedošlo k žádnému poranění. Průměrné zranění AIS dosahovalo stupně 1. Dá se tedy konstatovat, že z dostupných dat nebylo zaznamenáno žádné vážné poranění v oblasti krku bez páteře.

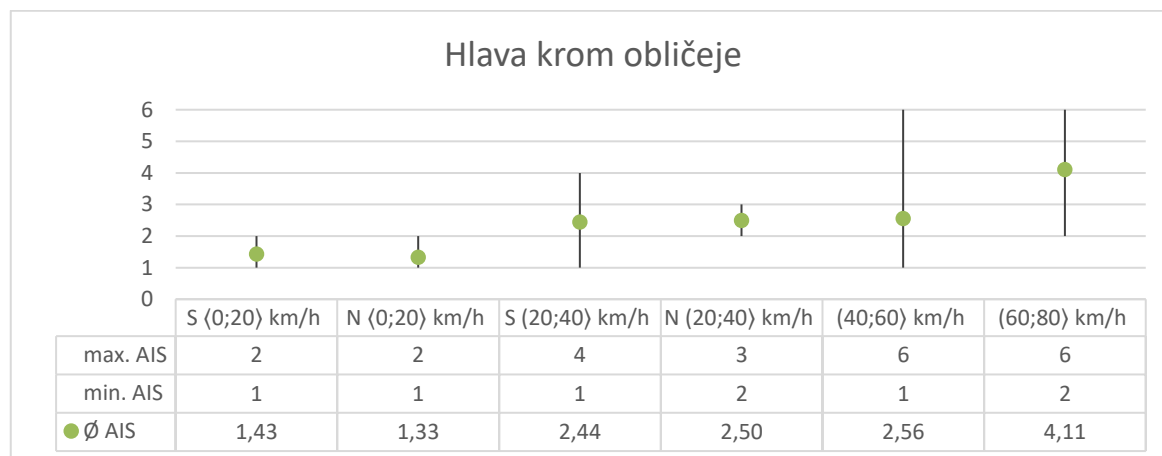


Graf č.12: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění

Z grafu č.12 vyplývá, že v intervalu (0;20) km/h u starších vozidel nedošlo k žádnému poranění krku, zatím co u novějších vozidel ano. Z grafu dále vyplývá, že nikdo nebyl zraněn ve starších vozidlech v intervalu (0;20)km/h a téměř nikdo nebyl zraněn v obou skupinách vozidel v intervalu (20;40) km/h. S rostoucí rychlostí  $\Delta V$  roste i četnost poranění. V intervalu (40;60) km/h se na krku zranilo 25 % účastníků nehody. Četnost poranění v posledním intervalu rychlosti už byla téměř 40 %.

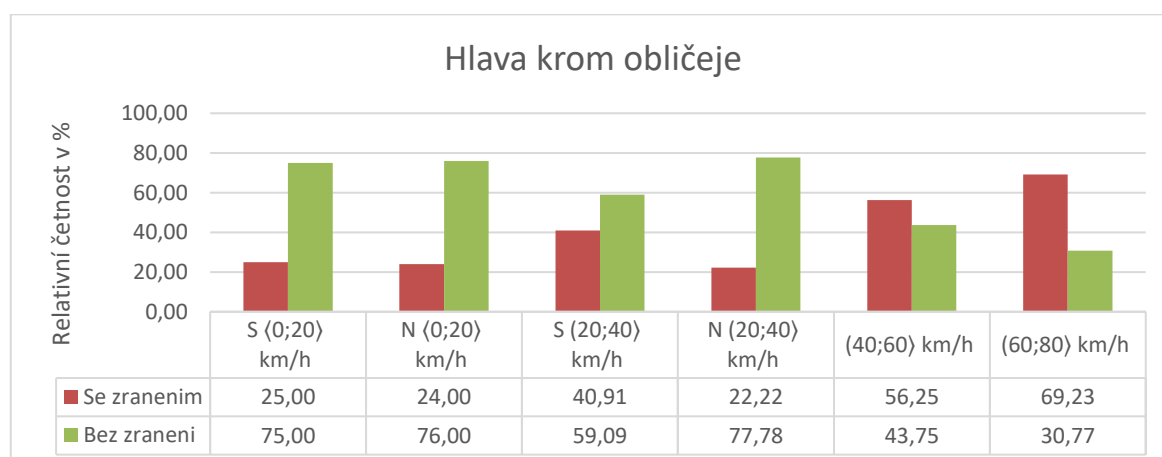
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  sice stoupá četnost zranění krku bez páteře, ale nestoupá jejich závažnost.

### 10.1.3 Hlava krom obličeje



Graf č.13: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.13 vyplývá, že v intervalu <0;20> km/h u starších vozidel došlo průměrně k vážnějším zraněním než u vozidel novějších. U starších vozidel v intervalu (20;40) km/h došlo k výskytu téměř stejných hodnot poranění, jako u vozidel novějších. Mezi rychlostními intervaly <0;20> a (20;40) km/h je rozdíl v závažnosti poranění, téměř dvojnásobný. Závažnost zranění v intervalu rychlosti (40;60) km/h se zvýšila ve srovnání s předešlým intervalem jen mírně. V posledním intervalu došlo k výraznému nárůstu závažnosti zranění hlavy. Průměrná hodnota AIS dosahuje stupně 4, což znamená těžké zranění. Z grafu je vidět, že stáří vozidel nemá v intervalech <0;20> a (20;40) km/h zásadní vliv na závažnost poranění hlavy.

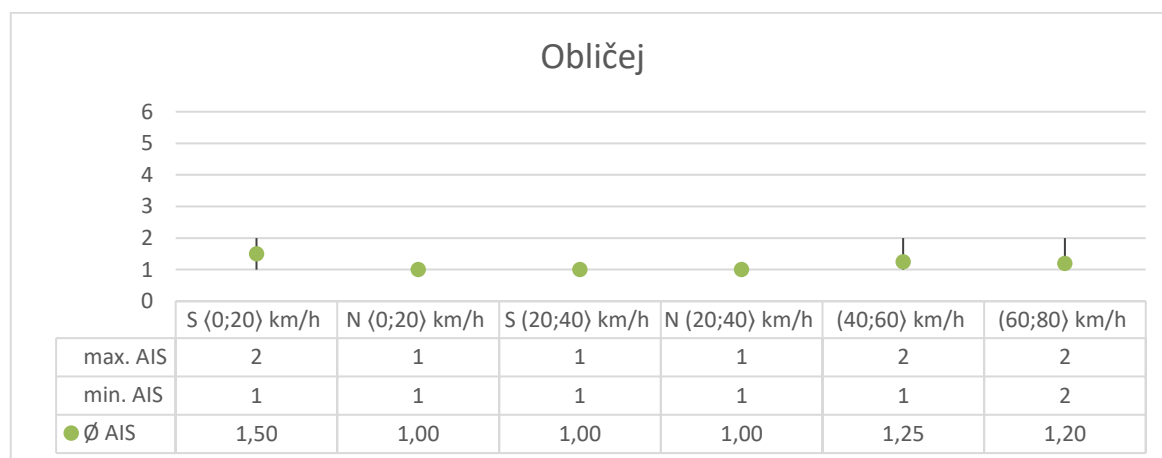


Graf č.14: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění

Z grafu č.14 vyplývá, že v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h u starších vozidel došlo k menší četnosti poranění než u vozidel novějších, stejně tak i u intervalu  $(20;40)$  km/h. Dá se tedy říct, že novější vozidla jsou bezpečnější a hrozí v nich menší riziko úrazu hlavy. Když mezi sebou porovnáme tyto intervaly rychlosti, dojdeme k závěru, že četnost poranění je téměř shodná vyjma starších vozidel v intervalu  $(20;40)$  km/h. V intervalu rychlosti  $(40;60)$  km/h, dochází k nárůstu četnosti zranění. V posledním intervalu se téměř 70 % účastníků zranilo na hlavě.

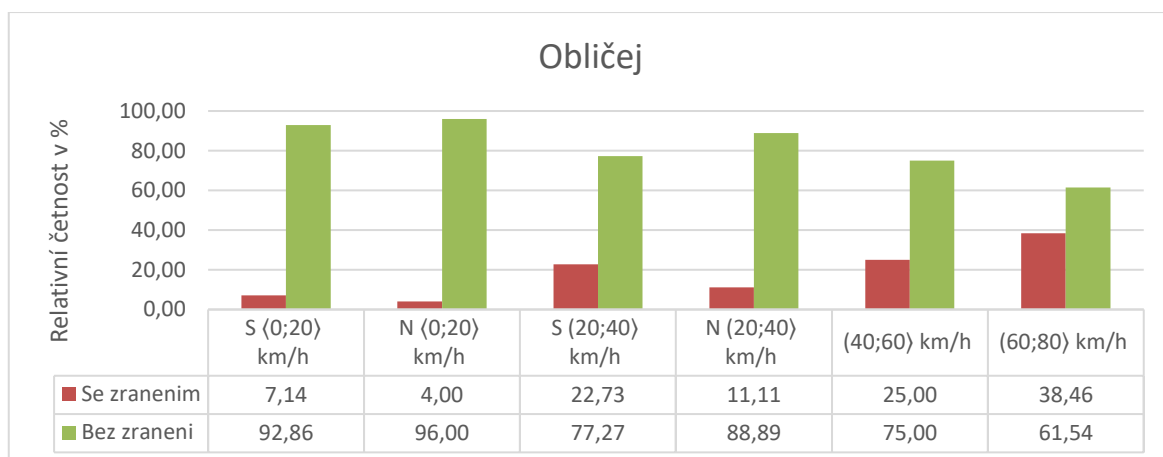
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá četnost zranění hlavy krom obličeje i jejich závažnost.

### 10.1.4 Obličej



*Graf č.15: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly*

Z grafu č.15 vyplývá, že v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h u starších vozidel došlo průměrně k vážnějším zraněním než u vozidel novějších. V intervalu rychlosti  $(20;40)$  km/h je průměrná hodnota zranění AIS stejná. Průměrné zranění v tomto intervalu dosahovalo u obou kategorií vozidle stupně 1, tedy mírného zranění. Ve vyšších rychlostních intervalech rychlosti se průměrná hodnota na zranění obličeje také příliš nezměnila a docházelo pouze k mírnějším poraněním.

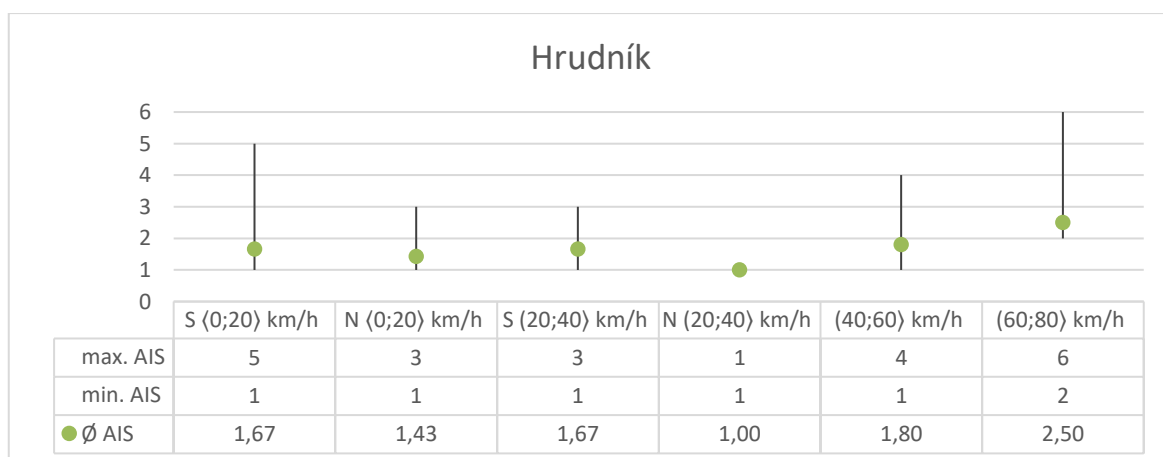


*Graf č.16: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.16 vyplývá, že s rostoucí rychlostí stoupá počet zranění. Četnost zranění u starších vozidel v intervalu <0;20> km/h je větší než u vozidel novějších. Tato situace nastává i v intervalu (20;40) km/h. Dá se tedy konstatovat, že u novější vozidel klesá riziko úrazu. V intervalu rychlosti (40;60) km/h četnost zranění stoupá. V posledním intervalu dochází téměř k 40 % četnosti poranění. S rostoucí rychlostí stoupá četnost poranění obličeje, závažnost poranění se příliš nemění. Dá se tedy konstatovat, že obličej při automobilových nehodách není nějak vážně poraněn a stáří vozidel nemá zásadní vliv na závažnost zranění.

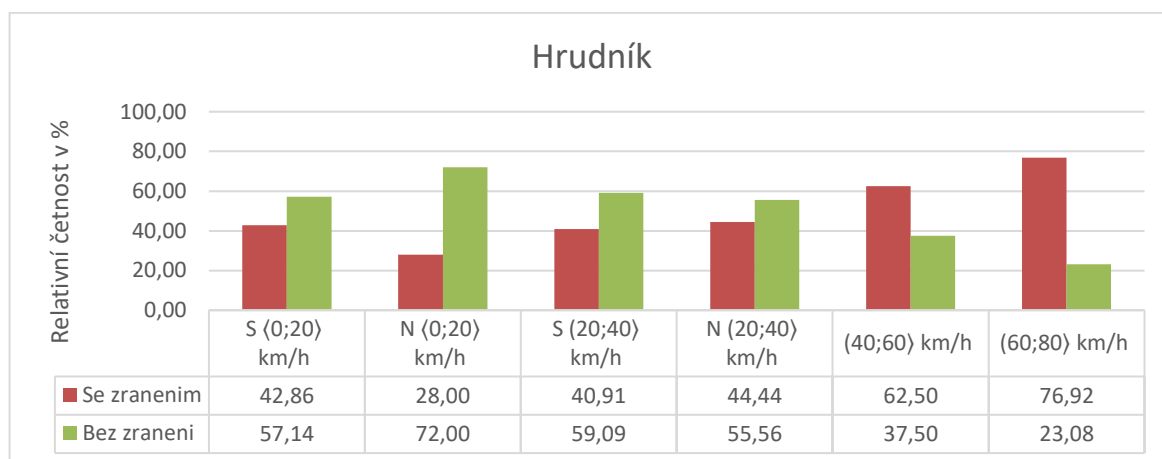
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá četnost zranění obličeje, ale neroste zásadně jejich závažnost.

### 10.1.5 Hrudník



*Graf č.17: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly*

Z grafu č.17 vyplývá, že v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h, u starších vozidel došlo průměrně k vážnějším zraněním než u vozidel novějších. Ke stejné situaci došlo i v intervalu  $(20;40)$  km/h. Hodnoty průměrného zranění jsou u starších vozidel v obou rychlostních intervalech vyšší než u vozidel novějších. Z toho vyplývá, že v případě nehody s novějším vozidlem je průměrná závažnost zranění hrudníku menší. V intervalu rychlosti  $(40;60)$  km/h došlo k nárůstu průměrného zranění na hodnotu AIS 1,8. V posledním rychlostním intervalu je průměrná hodnota zranění nejvyšší a nabývá hodnoty AIS 2,5. Maximální zranění v této rychlostní skupině dosáhlo hodnoty AIS 6, což se rovná úmrtí.



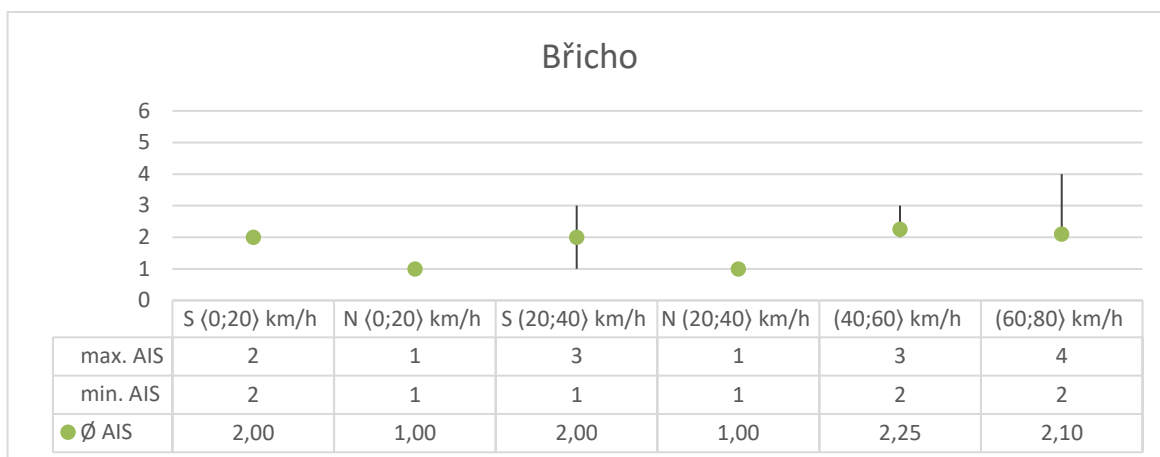
*Graf č.18: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.18 vyplývá, že i v případě nižších rychlostí dochází k častějšímu poranění hrudníku. Tato skutečnost by se dala odůvodnit tím, že použití bezpečnostních pásů může způsobit lehčí poranění, které již může být lékařem ohodnoceno některým z nižších stupňů AIS. Četnost zranění u starších vozidel v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h je větší než u vozidel novějších. V intervalu  $(20;40)$  km/h je četnost zranění u starších vozidel téměř shodná s vozidly novějšími. Z toho vyplývá, že na základě získaných dat nemůžeme zcela jasně určit, která vozidla jsou z pohledu zranění hrudníku bezpečnější. V posledních dvou rychlostních intervalech jsou zranění hrudníku četnější. V intervalu  $(40;60)$  km/h je četnost přibližně 60 % a v intervalu  $(60;80)$  km/h téměř 80 %. Zranění hrudníku tedy hrozí téměř určitě.

Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá četnost zranění hrudníku a stoupá i jejich závažnost. Při rychlosti  $(60;80)$  km/h došlo k devastujícím zraněním hrudníku.



## 10.1.6 Břicho



Graf č.19: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.19 vyplývá, že v intervalu <0;20> km/h u starších vozidel došlo průměrně k vážnějším zraněním než u vozidel novějších. Stejná situace nastala i v intervalu (20;40) km/h. Průměrná závažnost zranění mezi intervaly <0;20> km/h a (20;40) km/h v oblasti je shodná. Z grafu je patrné, že při nehodě novějších vozidel dochází průměrně k méně závažným zraněním. Bylo zjištěno, že k největším průměrným poraněním dochází při intervalu rychlosti (40;60) km/h, ve kterém průměrná hodnota AIS dosahuje stupně 2,25. V posledním rychlostním intervalu došlo k nejvážnějšímu poranění AIS 4, avšak průměrné zranění je menší než v předešlém rychlostním intervalu. Z tohoto grafu plyne, že zranění na břichu není závislé na rychlosti vozidla.



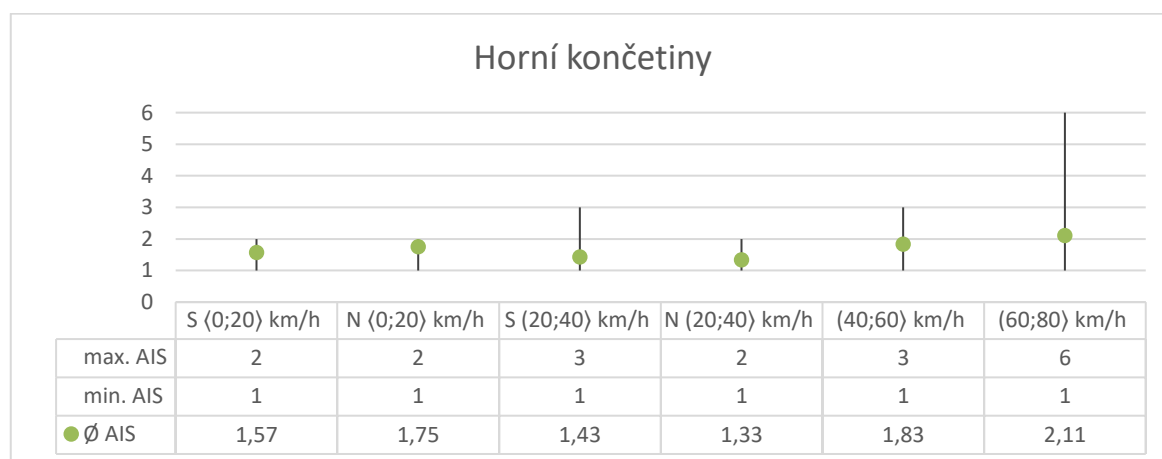
Graf č.20: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění

Z grafu č.20 vyplývá, že četnost zranění u starších vozidel v intervalu <0;20> km/h je téměř shodná s novějšími vozidly. V intervalu (20;40) km/h je četnost zranění u starších vozidel vyšší než u skupiny novějších vozidel. Z toho vyplývá, že při nehodě v novějších

vozidlech nedochází k tak závažným zraněním břicha. V intervalu (40;60) km/h četnost poranění stoupá. V posledním rychlostním intervalu, dosahuje četnost téměř 80 %, v této rychlosti je tedy poranění břicha téměř nevyhnutelné.

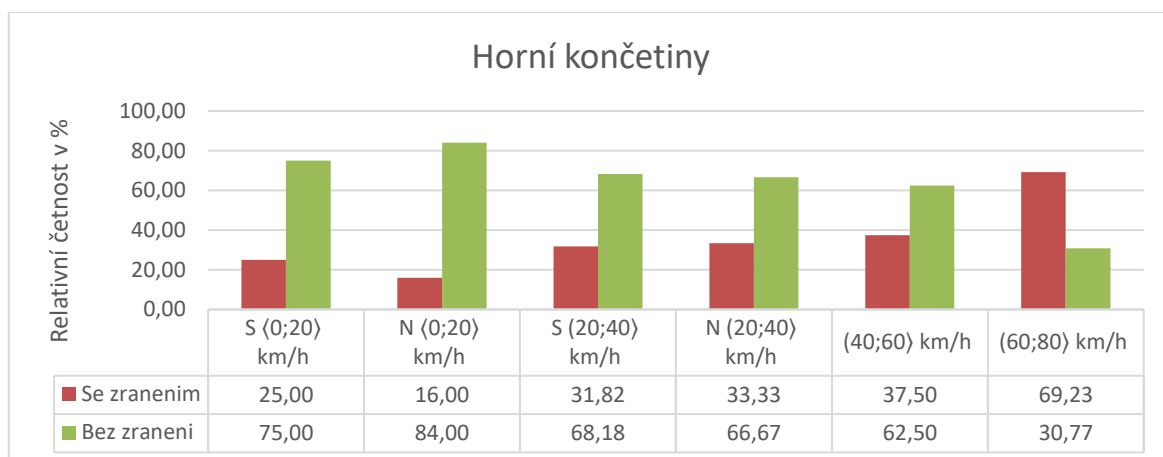
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá četnost zranění břicha a nestoupá jejich závažnost.

### 10.1.7 Horní končetiny



Graf č.21: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.21 vyplývá, že v intervalu (0;20) km/h u novějších vozidel došlo průměrně k vážnějším zraněním než u vozidel novějších. U starších vozidel v intervalu (20;40) km/h došlo naopak k většímu průměrnému poranění než u vozidel novějších. Na základě získaných dat, není tedy možno prokázat u kterých vozidel z hlediska jejich stáří nastává nižší průměrná hodnota AIS. Nelze tedy prokázat klesající trend průměrné závažnosti zranění u novějších vozidel. Při porovnání obou intervalu rychlosti, docházelo k menším poraněním v intervalu (20;40) km/h. Může to být způsobeno airbagy, které se aktivují až ve vyšších rychlostech. Závažnost zranění v intervalu rychlosti (40;60) km/h stoupla oproti předešlému intervalu jen mírně. V posledním rychlostním intervalu je průměrná hodnota zranění nejvyšší a nabývá hodnoty AIS 2,1. Maximální zranění v této rychlostní skupině dosáhlo hodnoty AIS 6, což se rovná úmrtí.

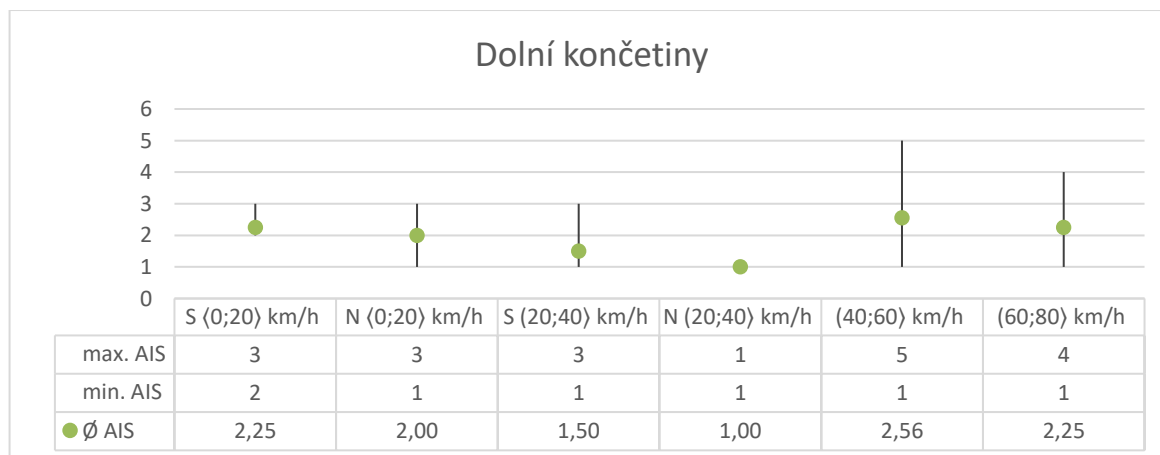


*Graf č.22: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.22 vyplývá, že četnost zranění u starších vozidel v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h je větší než u vozidel novějších. V intervalu  $(20;40)$  km/h je četnost zranění téměř shodná. V intervalu rychlosti  $(40;60)$  km/h, četnost zranění stoupá na hodnotu 37 %. V posledním intervalu dochází téměř k 70 % četnosti poranění, poranění horních končetin v tak velké rychlosti je téměř nevyhnutelné. S rostoucí rychlostí stoupá počet zranění horních končetin.

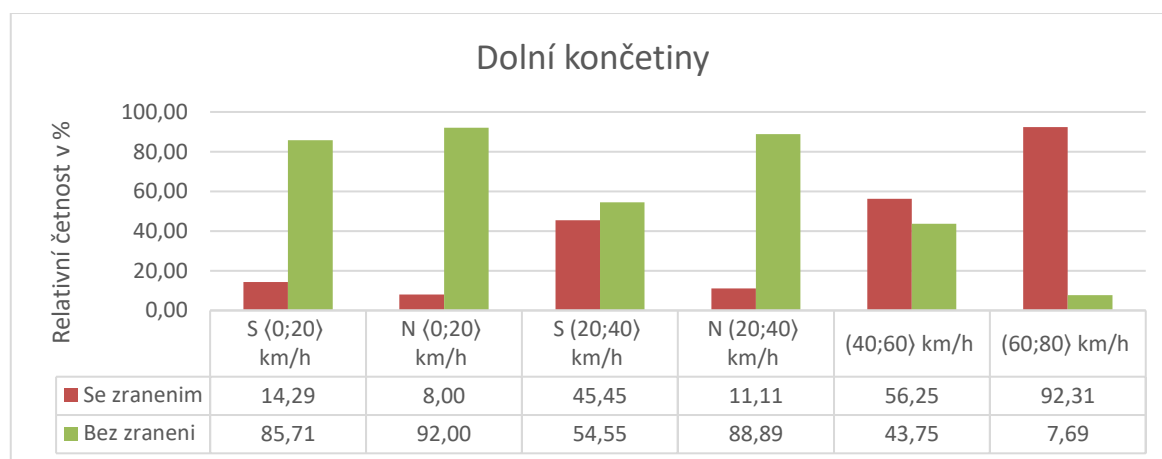
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá četnost zranění horních končetin a stoupá i jejich závažnost. Při rychlosti  $(60;80)$  km/h došlo k devastujícím zraněním hrudníku.

## 10.1.8 Dolní končetiny



*Graf č.23: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly*

Z grafu č.23 vyplývá, že v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h, u starších vozidel došlo průměrně k vážnějším zraněním než u vozidel novějších. Stejně tak, i v intervalu  $\langle 20;40 \rangle$  km/h. Hodnoty zranění u starších vozidel jsou v obou rychlostních intervalech mnohem vyšší než u vozidel novějších. Z toho vyplývá, že v případě nehody s novějším vozidlem je průměru závažnost zranění menší. V intervalu rychlosti  $\langle 40;60 \rangle$  km/h došlo k menším průměrným zraněním než u předešlého rychlostního intervalu. To by se dalo zdůvodnit tím, že v menších rychlostech, kdy řidič předpovídá nehodu, má napnuté dolní končetiny a plnou silou tlačí do podlahy a brzdného pedálu. Následný náraz mu může dolní končetiny, vzhledem k napnutí, vážně poranit. Při vyšších rychlostech, kdy nehoda přichází nečekaně, se řidičovy dolní končetiny mohou poranit například o věnec volantu nebo o spodní část přístrojové desky, zranění nejsou tak závažná. V následných rychlostních intervalech je průměrná závažnost zranění opět vyšší, avšak nejvyšší průměrná hodnota AIS se vyskytla v intervalu  $\langle 40;60 \rangle$  km/h.



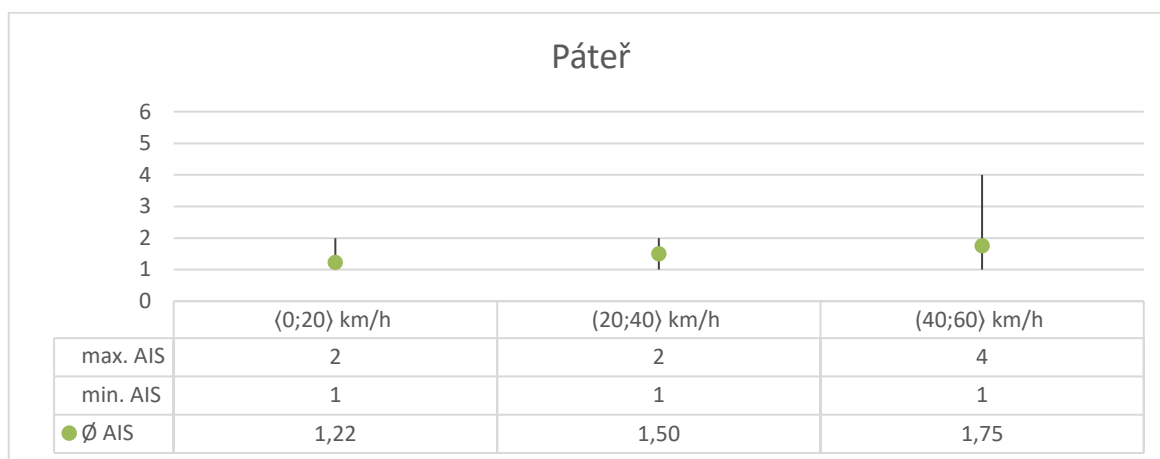
*Graf č.24: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.24 vyplývá, že četnost zranění u starších vozidel v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h je větší než u vozidel novějších. V intervalu  $\langle 20;40 \rangle$  km/h je četnost zranění u starších vozidel daleko vyšší než u novějších vozidel. Dá se tedy usuzovat, že novější vozidla jsou bezpečnější. V posledních dvou rychlostních intervalech je zranění dolních končetin čtenější. V intervalu  $\langle 60;80 \rangle$  km/h se dokonce poranilo téměř 100 % účastníků nehody. S rostoucí rychlostí stoupá četnost zranění dolních končetin.

Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá četnost zranění dolních končetin a stoupá i jejich závažnost.

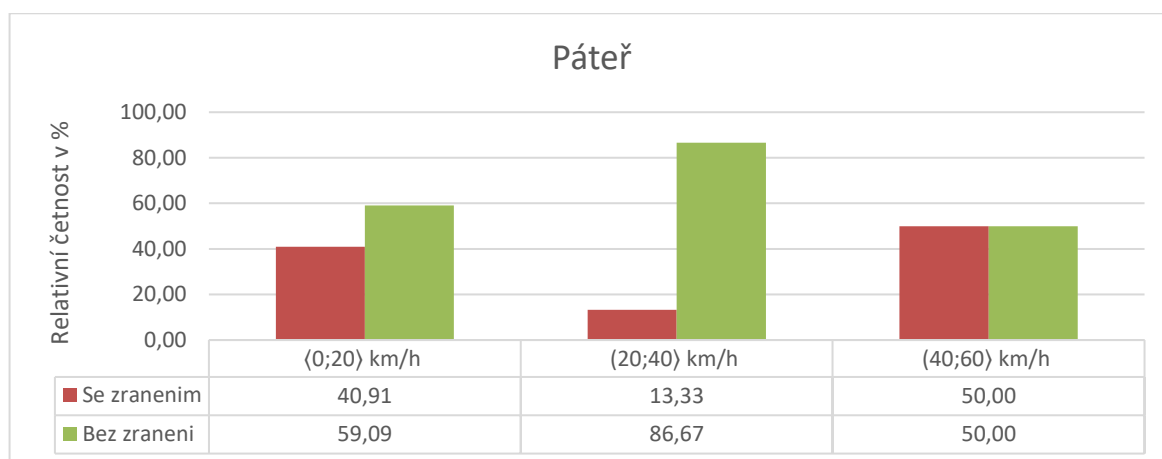
## 10.2 Závažnost zranění AIS pro skupinu velkých vozidel

### 10.2.1 Páteř



Graf č.25: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.25 vyplývá, že v intervalu <0;20> km/h je průměrné zranění téměř shodné s vyšší intervalem rychlosti (20;40) km/h. Maximální zranění jsou shodná, a to stupně AIS 2. Největší průměrné zranění páteře je v intervalu (40;60) km/h. Maximální hodnota zranění zde dosahovala AIS 4, což je těžké zranění. Z grafu je patrné, že s rostoucí rychlostí stoupá závažnost zranění páteře.



Graf č.26: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění

Z grafu č.26 vyplývá, že četnost zranění v intervalu <0;20> km/h je přibližně 40 %, oproti rychlejšímu intervalu rychlosti (20;40) km/h je četnost mnohem vyšší. Menší zranění je zřejmě způsobeno díky airbagům, které se aktivují většinou ve vyšších

rychlostech než 20 km/h. V intervalu rychlosti (40;60) km/h, četnost opět mírně stoupla. V posledním intervalu dochází téměř k 50 % četnosti poranění.

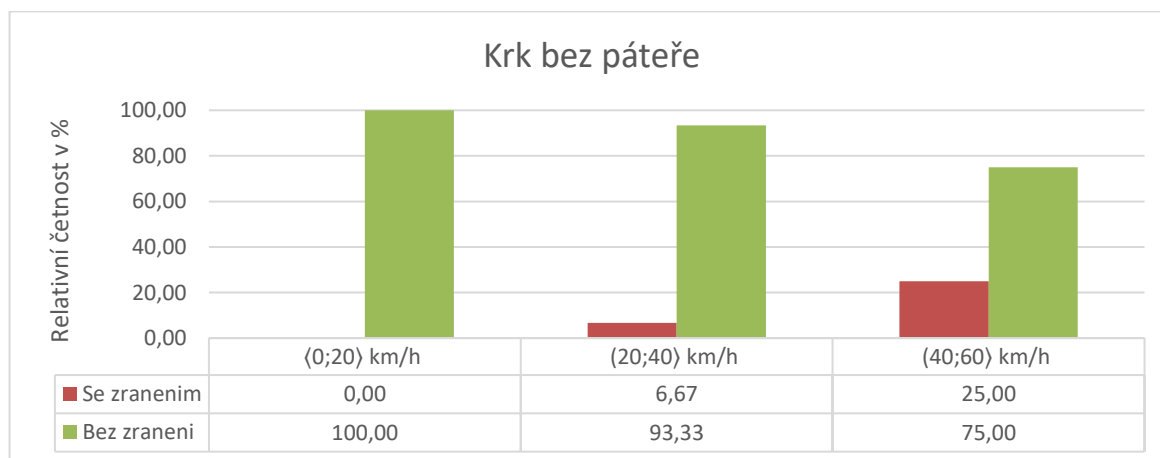
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá závažnost zranění páteře. Nejednoznačný trend týkající se změny relativní četnosti zranění může být způsoben menším počtem dat.

## 10.2.2 Krk bez páteře



Graf č.27: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.27 vyplývá, že v oblasti krku došlo k mírnému nárůstu průměrné závažnosti poranění.



Graf č.28: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění

Z grafu č.28 vyplývá, že v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h nedošlo k žádnému zranění krku. Z grafu vyplývá, že téměř nikdo nebyl zraněn v intervalu  $(20;40)$  km/h. V intervalu  $(40;60)$  km/h se na krku zranilo 25 % účastníků nehody.

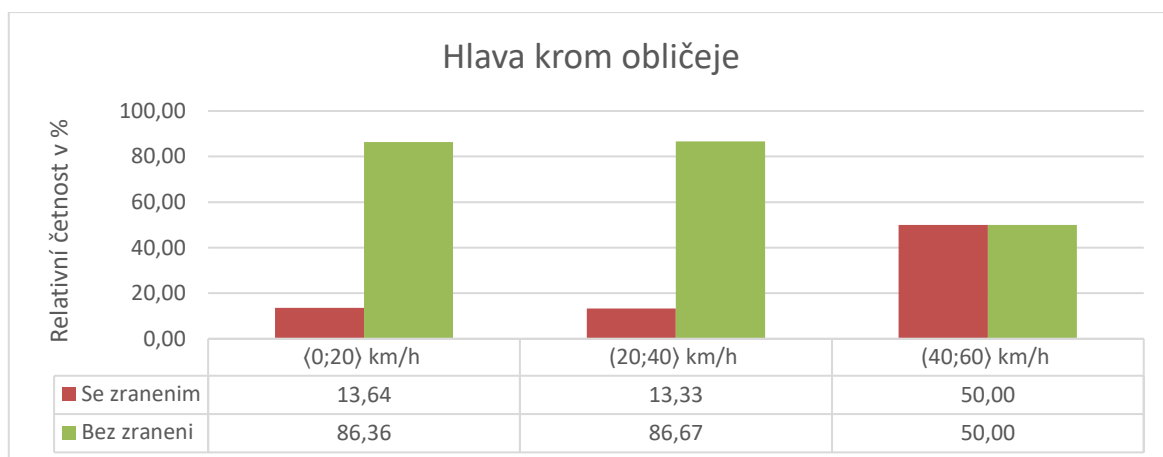
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  mírně stoupá závažnost zranění krku bez páteře a stoupá také četnost.

### 10.2.3 Hlava krom obličeje



Graf č.29: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.29 vyplývá, že v intervalu rychlosti  $\langle 0;20 \rangle$  km/h došlo k průměrnému zranění hlavy AIS 3. V intervalu  $(20;40)$  km/h bylo zaznamenáno k menšímu poranění hlavy než u předešlého intervalu. Menší průměrná závažnost zranění je zřejmě způsobena patrně souvisí s aktivací airbagů, ke které dochází většinou ve vyšších rychlostech než 20 km/h. Nejvážnější průměrné zranění bylo dosahováno v intervalu rychlosti  $(40;60)$  km/h. Maximální hodnota zranění v tomto intervalu dosahovala AIS 6, což je úmrtí.



*Graf č.30: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.30 vyplývá, že v intervalu <0;20> a (20;40) km/h je četnost zranění stejná. V intervalu (40;60) km/h se na krku zranilo 50 % účastníků nehody.

S rostoucí rychlostí tedy stoupá četnost zranění hlavy krom obličeje a dá se očekávat, že poroste i jejich závažnost. Nejednoznačný trend z hlediska závažnosti je způsoben malým počtem dat.

## 10.2.4 Obličej

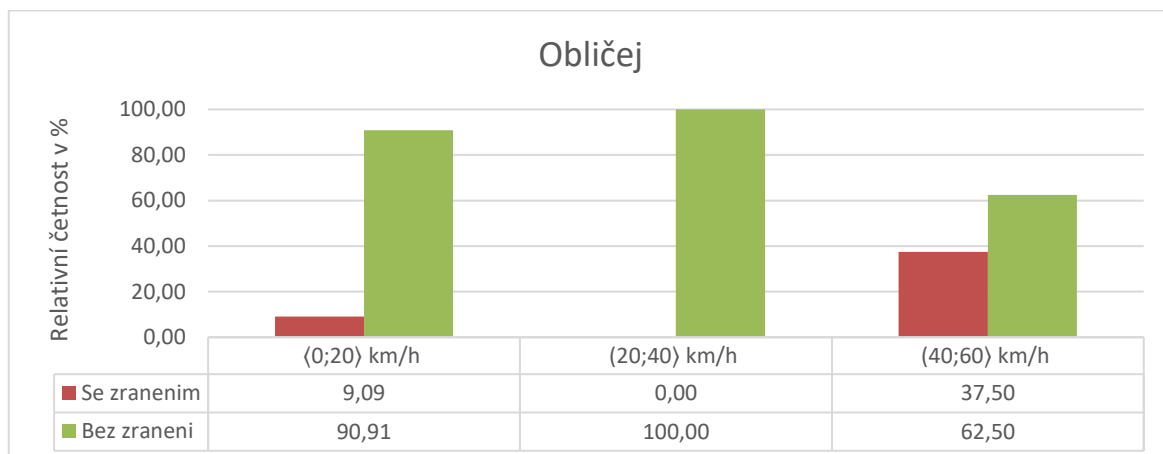


*Graf č.31: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly*

Z grafu č.31 vyplývá, že v intervalu <0;20> km/h došlo k průměrnému zranění AIS 1, tedy k mírným zraněním. V intervalu rychlosti (20;40) km/h nedošlo k žádnému zranění obličeje. Tato skutečnost je patrně způsobena aktivací airbagů, které dochází většinou při rychlosti vyšší než 20 km/h. V posledním intervalu rychlosti se průměrná hodnota



závažnosti zranění obličeje také příliš nezměnila a docházelo pouze k mírnějším poraněním.



*Graf č.32: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.32 vyplývá, že četnost zranění v intervalu <0;20> km/h je velmi malá. V intervalu (20;40) km/h dokonce nulová. V posledním rychlostním intervalu stoupá četnost poranění a dosahuje četnosti téměř 40 %.

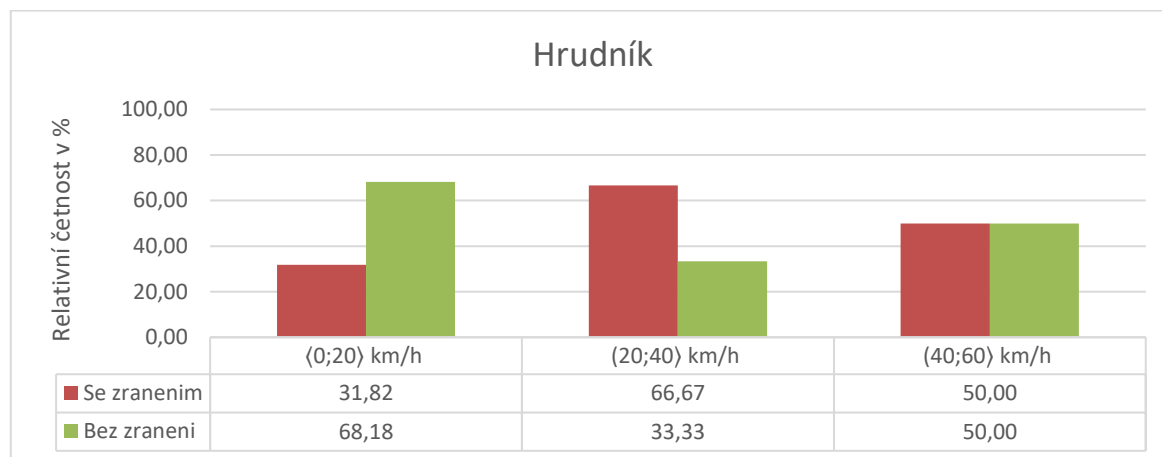
Průměrná závažnost zranění obličeje nedosahuje významných hodnot, roste však četnost poranění. Případy odchylky od trendu vyskytující se ve třídě rychlosti (20;40) km/h mohou být způsobeny nižším počtem dat.

## 10.2.5 Hrudník



*Graf č.33: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly*

Z grafu č.33 vyplývá, že průměrná závažnost poranění hrudníku je téměř ve všech rychlostních kategoriích shodná. V intervalu (20;40) km/h došlo průměrně k nejmenší závažnosti zranění, ale při porovnání s intervalem (0;20) km/h, je téměř shodná. V posledním intervalu rychlosti došlo k největším poraněním a zároveň i k nejzávažnějším, kde AIS dosahovalo stupně 4. Z tohoto grafu vyplývá, že průměrná závažnost zranění hrudníku na rychlosti není závislá, i když by se dal předpokládat opak.

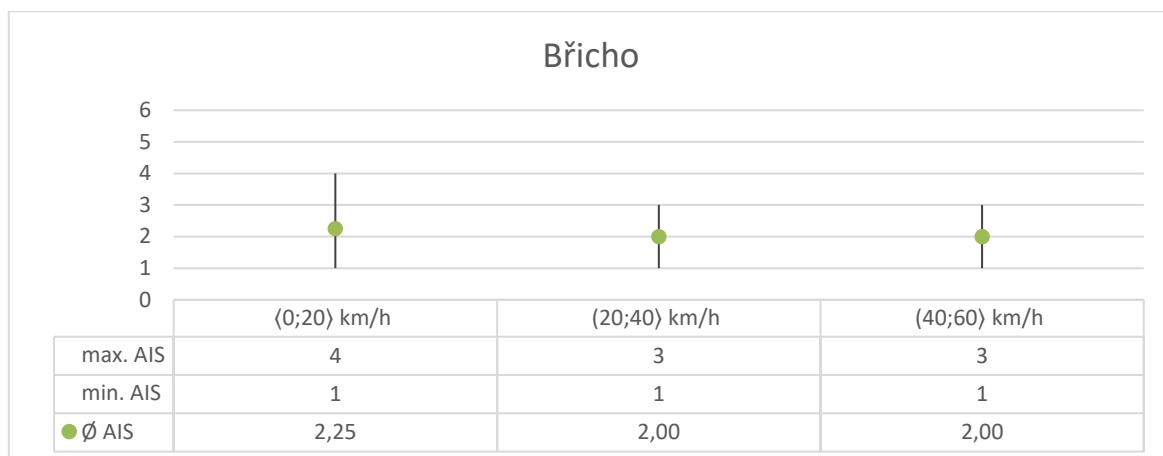


*Graf č.34: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.34 vyplývá, že i v nízkých rychlostech dochází k častému poranění hrudníku, které je způsobeno pravděpodobně použitím bezpečnostních pásů viz podkapitola 10.1.5. V nejnižším intervalu rychlostí je četnost přibližně 30 %. V intervalu (20;40) km/h je četnost zranění ze všech tří rychlostních intervalu největší a ve srovnání s prvním intervalem dvojnásobná.

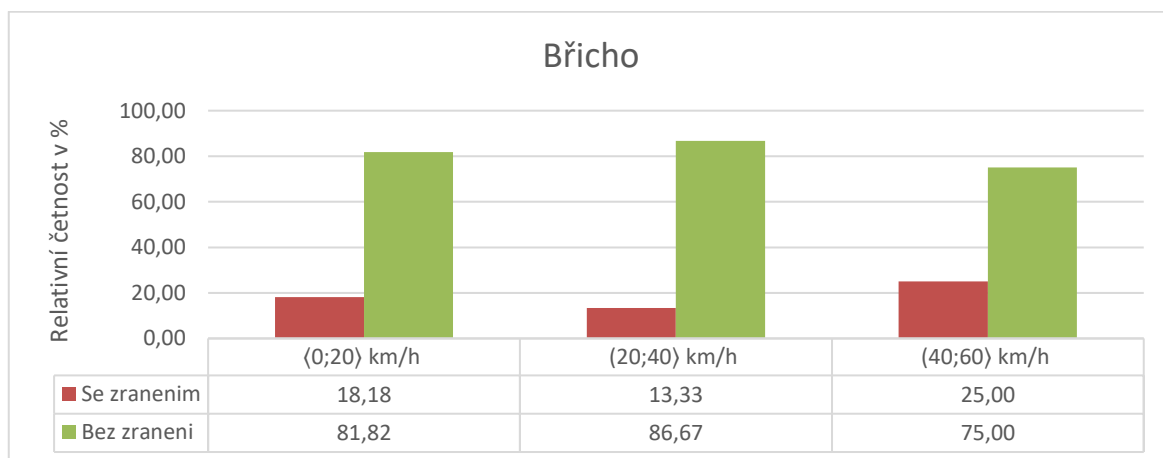
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  mírně stoupá průměrná závažnost zranění hrudníku. Rostoucí trend v četnosti zranění hrudníku se nepodařilo prokázat. Nezávislost četnosti zranění na rychlosti může být způsobena menším počtem dat, ze kterých byla statistika prováděna.

## 10.2.6 Břicho



Graf č.35: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.35 vyplývá, že průměrná závažnost poranění břicha je téměř ve všech rychlostních kategoriích shodná. V intervalu <0;20> km/h byla zjištěna nejvyšší hodnota průměrné závažnosti. Zároveň v této třídě byla zjištěna nejvyšší hodnota zraněním AIS. Ve zbývajících dvou rychlostních intervalech byly zjištěny stejné hodnoty, jak z hlediska maximální, tak i průměrné hodnoty závažnosti zranění.

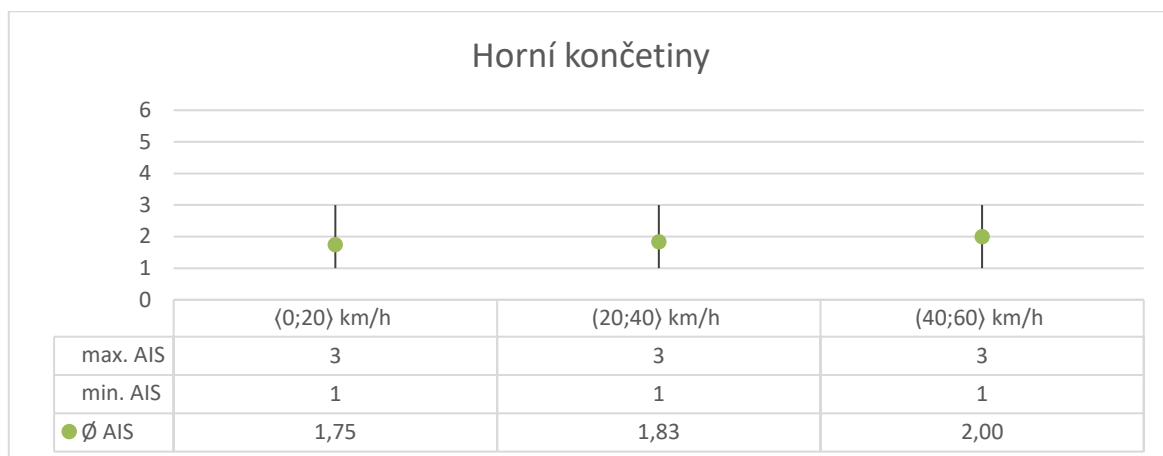


Graf č.36: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění

Z grafu č.36 vyplývá, že v prvních dvou rychlostních intervalech je četnost zranění téměř shodná. V posledním, nejvyšším rychlostním intervalu, je četnost vyšší, konkrétně 25 %.

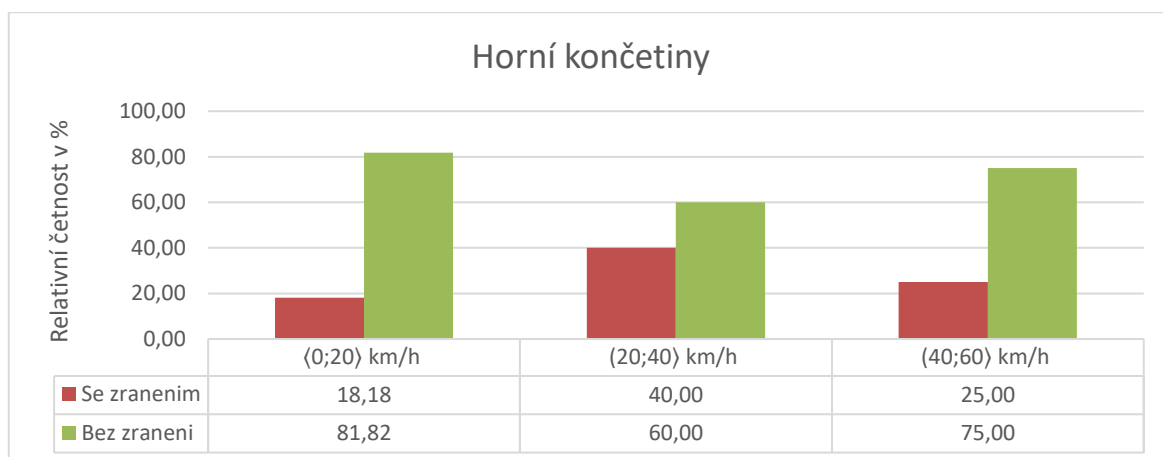
Na základě dostupných dat nebylo prokázáno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá závažnost průměrného zranění břicha. Rostoucí trend v četnosti zranění břicha se také nepodařilo prokázat. Nezávislost četnosti a závažnosti zranění na rychlosti může být způsobena menším počtem dat, ze kterých byla statistika prováděna.

## 10.2.7 Horní končetiny



Graf č.37: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly

Z grafu č.37 vyplývá, že ve všech intervalech rychlosti dosahovalo maximální zranění AIS hodnoty 3. V intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h došlo průměrně k nejméně závažným průměrným poraněním a v intervalu rychlosti  $\langle 40;60 \rangle$  km/h k nejzávažnějším.

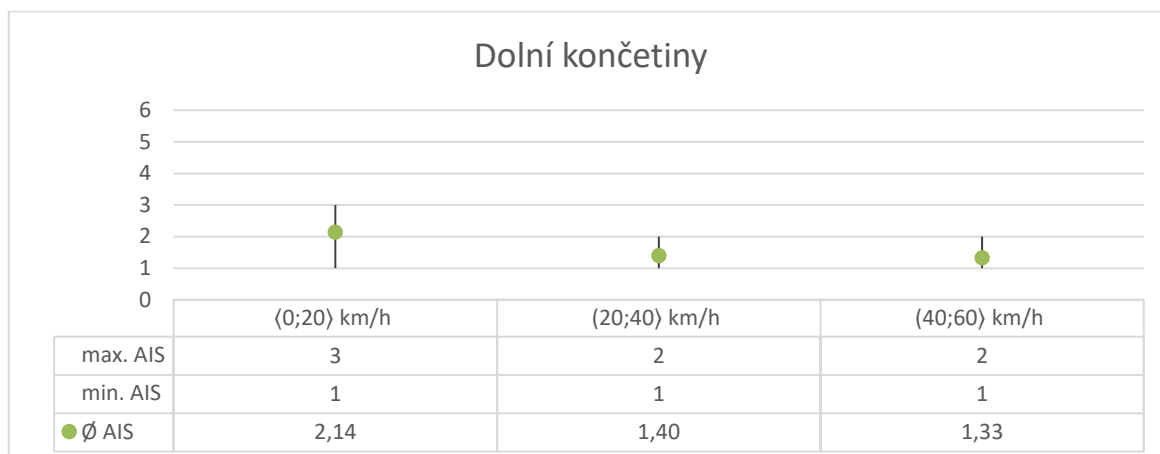


Graf č.38: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění

Z grafu č.38 vyplývá, že v nejnižším intervalu rychlostí je četnost zranění přibližně 20 %. V intervalu  $\langle 20;40 \rangle$  km/h je četnost zranění ze všech tří rychlostních intervalů největší a ve srovnání s prvním intervalem dvojnásobná. V posledním intervalu rychlosti dochází téměř k četnosti poranění 25 %.

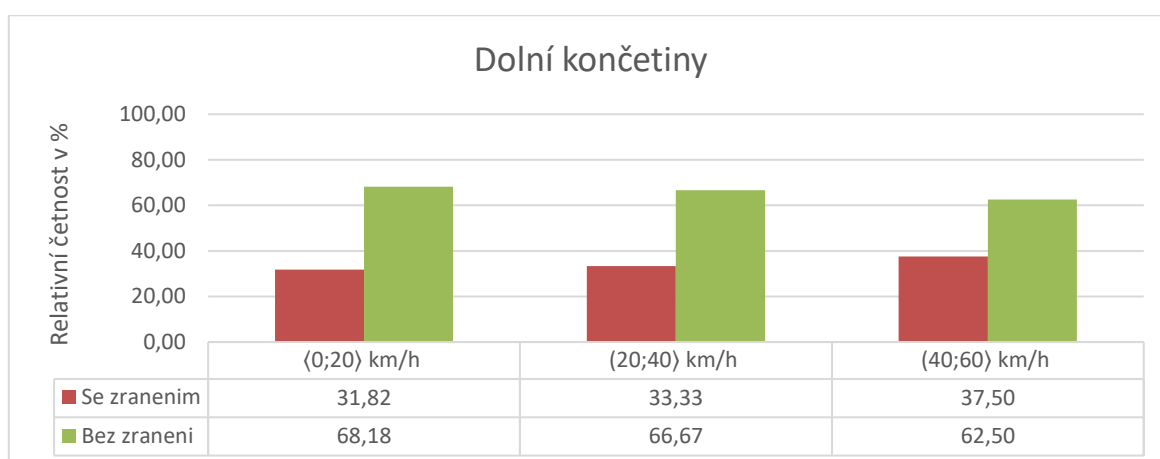
Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  mírně stoupá průměrná závažnost zranění horních končetin. Rostoucí trend v četnosti zranění horních končetin se nepodařilo prokázat. Nezávislost četnosti zranění na rychlosti může být způsobena menším počtem dat, ze kterých byla statistika prováděna.

## 10.2.8 Dolní končetiny



*Graf č.39: Maximální, minimální a průměrné hodnoty AIS pro rychlostní intervaly*

Z grafu č.39 vyplývá, že v intervalu  $\langle 0;20 \rangle$  km/h dochází k nejzávažnějším průměrným poraněním AIS a zároveň také k nejzávažnějšímu zranění AIS 3. Nejmenší průměrné poranění je v nejvyšším intervalu rychlosti.



*Graf č.40: Relativní četnost účastníků nehody se zraněním a bez zranění*

Z grafu č.40 vyplývá, že četnost poranění ve všech třech rychlostních intervalech je téměř shodná.

Na základě dostupných dat nebylo prokázáno, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá závažnost zranění. Rostoucí trend v četnosti zranění dolních končetin se také nepodařilo prokázat. Nezávislost četnosti a závažnosti zranění na rychlosti může být způsobena menším počtem dat ze kterých byla statistika prováděna.

# 11 Závěr

Diplomová práce se zabývá popisem typologie zranění posádky vozidla v závislosti na rychlosti  $\Delta V$  vozidel zúčastněných na dopravní nehodě. Práce je dělena do deseti kapitol. V úvodních kapitolách diplomové práce je uveden výchozí teoretický rámec vztahující se k řešené problematice, jako např. faktory ovlivňující vznik dopravní nehody, dlouhodobá statistika dopravní nehodovosti na území ČR, vývoj bezpečnostních prvků silničních vozidel a nejčastěji používané prvky aktivní a pasivní bezpečnosti.

Na teoretickou část práce navazuje praktická část začínající kapitolou 7. V této kapitole jsem se zaměřil na základní zdroj dat pro potřeby diplomové práce. Jednalo se o výsledky z projektu aplikovaného výzkumu VG20112015007 Hloubková analýza silničních dopravních nehod řešeného Centrem dopravního výzkumu, v. v. i. v letech 2011 až 2015. Popsal jsem, jaké zásady musí být při sběru dat dodrženy na místě nehody a jaké kroky se provádí při i po ohledání místa nehody.

Kapitola 8 obsahuje základní metody, na základě kterých bylo statistické vyhodnocování založeno. Konkrétně se jedná o principy určování rychlosti  $\Delta V$  a způsob posuzování míry poranění účastníků nehody podle metody AIS.

V úvodu kapitoly 9 jsem uvedl typy a rozsahy zpracovávaných dat a charakteristiku jednotlivých kritérií, podle kterých byla data kategorizována. Pro přehlednost jsem zpracoval několik tabulek, které vypovídají o množství dat v jednotlivých statistických skupinách. Kapitola 9 dále obsahuje první část výsledků diplomové práce, a to statické vyhodnocení závažnosti poranění jednotlivých částí těla účastníků dopravní nehody, členěno podle skupin vozidel a hodnotě rychlosti  $\Delta V$ . Byl-li k dispozici dostatečný počet statistických dat, je rozlišováno i stáří vozidel. Z hlediska hmotnosti jsem statistické vyhodnocení provedl pro skupinu malých vozidel do hmotnosti  $< 1800$  kg a velkých vozidel od hmotnosti  $\geq 1800$  kg.

Statistické vyhodnocení pokračuje i v kapitole 10. Na rozdíl od způsobu statistického vyhodnocení v kapitole 9 je zde však použit jiný přístup. Proběhlo vyhodnocení závažnosti poranění jednotlivých částí těla v závislosti na rychlosti  $\Delta V$  a členění bylo provedeno podle skupin vozidel a jednotlivých částí těla. Kromě toho je zde také statisticky

vyhodnocen podíl účastníků dopravních nehod, u kterých došlo ke zranění a podíl účastníků dopravních nehod, kteří zranění nebyli, to vše v závislosti na  $\Delta V$  a podle jednotlivých částí těla.

U skupiny malých vozidel bylo statistické vyhodnocení provedeno pro větší soubor statistických údajů, a tedy i vypovídající hodnotu statistického vyhodnocení můžeme označit oproti skupině větších vozidel za významnější. Skupina malých vozidel byla dělena, jak podle hmotnosti, tak pro některé hodnoty  $\Delta V$  podle stáří. Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že v případě nehody starších vozidel dochází ve většině případů k četnějším a závažnějším zraněním než u vozidel novějších. Prokázalo se, že u skupiny malých vozidel četnost zranění stoupá s rychlostí  $\Delta V$  a k nejčetnějším zraněním dochází v oblasti hrudníku, hlavy krom obličeje a dolních končetin. Dále se prokázalo, že s rostoucí rychlostí  $\Delta V$  stoupá také závažnost zranění. Nejzávažnější zranění se potom vyskytuje u hlavy krom obličeje, dolních končetin a břicha.

U skupiny velkých vozidel bylo statistické vyhodnocení provedeno pro menší soubor statistických údajů. Z toho důvodu nebyla skupina velkých vozidel dělena podle stáří a ani nebylo možné provést statistické zpracování pro všechny intervaly rychlostí  $\Delta V$ . Na základě dostupných dat bylo tedy zjištěno, že u většiny částí lidského těla dochází k závažnějším zraněním se vzrůstající rychlostí  $\Delta V$ . K nejzávažnějším zraněním dochází v oblasti hlavy krom obličeje, břicha a horních končetin. Vzrůstající četnost zranění v závislosti na vzrůstající rychlosti  $\Delta V$  se ve většině případů částí lidského těla nepodařilo prokázat. Nejednoznačný trend týkající se změny relativní četnosti zranění může být způsoben menším počtem dat.

Statistický soubor poskytnutý CDV byl maximálně využit pro řešenou problematiku, avšak k přesnějším výsledkům by bylo zapotřebí mnohem většího souboru dat. Malé množství statistických dat v některých skupinách neumožňovalo postihnout veškerá specifika vozidel s pohledu jejich vybavení pasivními bezpečnostními prvky a neumožnilo ani rozdělit detailněji vozidla podle jejich obchodních tříd. Stejně problémy týkající se malého množství dat by se vyskytly, kdyby bylo provedeno jemnější škálování z hlediska rychlosti  $\Delta V$ . Typologie zranění se na základě dostupných dat omezovala pouze na části těla a zevrubný rozsah závažnosti poranění vyjádřený prostřednictvím hodnoty AIS. Daleko účelnější z hlediska typologie zranění by bylo, kdyby byly k dispozici např. informace týkající se výskytu konkrétního typu zranění ve smyslu čísla diagnózy dle

Mezinárodní klasifikace nemocí vydávané Světovou zdravotnickou organizací (WHO), toto však dostupné informace neobsahovaly. Stejně tak by bylo žádoucí zpřesnit údaje o hodnotách  $\Delta V$ , neboť údaje, které byly k dispozici pro statistické vyhodnocení byly zatíženy určitou nepřesností. Výsledky práce však poskytují alespoň základní náhled na typologii zranění, která se vyskytují v souvislosti s dopravními nehodami včetně jejich závažnosti. Výsledky práce mohou být promítnuty do opatření, která přijímají výrobci vozidel nebo pro potřeby expertních týmů zabývajících se definováním všeobecně platných standardů na vybavení vozidel z hlediska bezpečnostních prvků.

Ačkoliv z předchozího odstavce vyplývá, že vyhodnocovaná data byla zatížena celou řadou nepřesností a nedostatků, je žádoucí pokračovat v podobných aktivitách, neboť tyto aktivity přinášejí detailnější pohled na následky dopravních nehod, čímž přispívají k rozvoji současného stavu poznání v oblasti bezpečnosti silničního provozu na kvalitativně vyšší úrovni.



## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Jakubu Motlovi za vedení diplomové práce a panu doc. Ing. Dušanovi Teichmannovi Ph.D., za cenné rady při zpracování statistického souboru. Děkuji také všem, kteří mi pomohli při studiu.

## **12 Seznam příloh**

Příloha A – Statistický soubor na CD

## 13 Seznam použitých zdrojů

- [1] Road safety: Road accident investigation guidelines for road engineers. *WHO* [online]. 2007 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: [http://www.who.int/roadsafety/news/piarc\\_manual.pdf](http://www.who.int/roadsafety/news/piarc_manual.pdf)
- [2] SEMELA, MAREK. Analýza silničních nehod I. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2012, 83s. ISBN 978-80-214-45482.
- [3] HIRT, Miroslav. *Dopravní nehody v soudním lékařství a soudním inženýrství*. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4308-0.
- [4] Úvod, zaměření studie. *Český statistický úřad* [online]. 2014 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20534694/32025414u.pdf/6b00c069-2663-4c74-89eb-97d510ebfadb?version=1.0>
- [5] Dlouhodobý vývoj nehodovosti na silničních komunikacích. *Český statistický úřad* [online]. 2014 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20534694/32025414a02.pdf/f4a53ddc-4f72-4a63-85ff-20075e0b2752?version=1.0>
- [6] GENNARELLI, Thomas A. *Abbreviated injury scale*. Barrington USA, 2008.
- [7] Euro NCAP. *Autolexicon* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap/>
- [8] History of Car Safety. *Crash test* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.crashtest.org/history-car-safety/>
- [9] Mezinárodní smlouva ze dne 11.10.1909 o jízdě automobily. *Epravo* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/vyhledavani.aspx?Id=2786&Section=1&IdPara=1&ParaC=2>
- [10] Bezpečnost. *Roomster* [online]. 2016 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://skodaroomster.wz.cz/bezpecnost.html>
- [11] Originální náhradní díly od výrobce – Ano, či ne? *Ford service* [online]. 2009 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: [https://www.fordservice.cz/data/ND\\_kampan/Expert.pdf](https://www.fordservice.cz/data/ND_kampan/Expert.pdf)
- [12] Karoserie. *Bezpečné cesty* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/informace/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>
- [13] Skelet karosérie C1. *Citroën a Peugeot* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.citroen-vajnorska.sk/foto/skelet-karoserie-c1>
- [14] VLK, František. *Lexikon moderní automobilové techniky*. Brno: F. Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4.

- [15] ABS (Anti-lock Braking System). *Autolexicon* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
- [16] Braking under ABS and Non-ABS. *Auto in the box* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://blog.autointhebox.com/braking-under-abs-and-non-abs.html>
- [17] ESP (Electronic Stability Programme). *Autolexicon* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>
- [18] Jak se za posledních 20 let změnila bezpečnost aut? Výsledek vás ohromí. *Denik.cz* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.denik.cz/auto/video-jak-se-za-poslednich-20-let-zmenila-bezpecnost-aut-vysledek-vas-ohromi-20170202.html>
- [19] Bezpečnostní pás. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpe%C4%8Dnostn%C3%AD\\_p%C3%A1s](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpe%C4%8Dnostn%C3%AD_p%C3%A1s)
- [20] Airbag. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Airbag>
- [21] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. Brno: F. Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [22] Hloubková analýza silničních dopravních nehod v ČR. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. 2014 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://hadn.cdvinfo.cz/file/metodika-hloubkova-analyza-dopravnich-nehod-v-cr/>